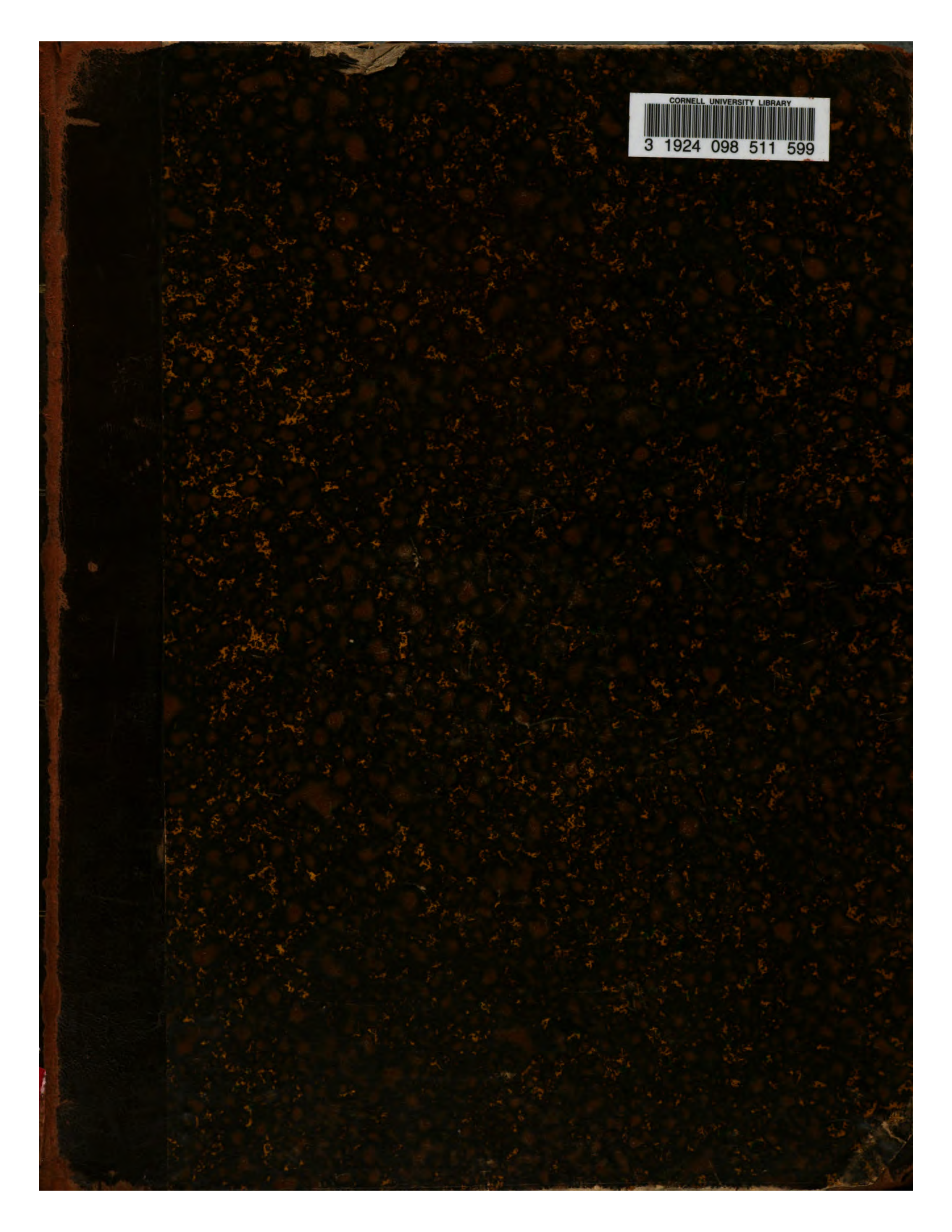
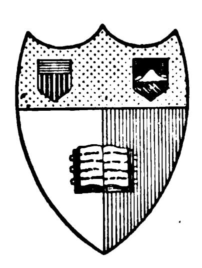
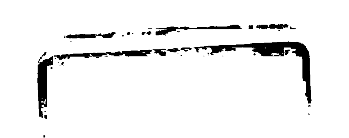


CORNELL UNIVERSITY LIBRARY
3 1924 098 511 599


NNEX
RARY





ABHANDLUNGEN

DER

NATURFORSCHENDEN GESELLSCHAFT ZU HALLE

ORIGINALAUFSÄTZE

AUS DEM GEBIETE DER GESAMMTEN NATURWISSENSCHAFTEN

XVI. BAND.





+

HALLE

MAX NIEMEYER

1886

1883-86

INHALT.

Ueber

den diagnostischen Werth

der

Anzahl und Höhe der Markstrahlen

bei den

Coniferen.

Von

Dr. Benno Essner.

Einleitung.

Unter den anatomischen Merkmalen, welche zur Bestimmung fossiler Nadelhölzer benutzt werden, spielen unter anderm auch die Markstrahlen eine nicht unbedeutende Rolle. Die Zellen derselben besitzen bekanntlich bei einigen Gruppen eine so ausgesprochene und constante Wandstructur, dass diese von jeher als sicheres Unterscheidungsmerkmal insbesondere z. B. der ächten Kiefernhölzer benutzt worden ist.

Nicht in gleichem Maasse sicher gestellt sind dagegen andere Bauverhältnisse der Markstrahlen, werden aber gleichwohl ziemlich allgemein in der Diagnose der „Holzarten" verwendet. Ich meine Anzahl und Länge der Markstrahlen, sowie die Grösse der Markstrahlzellen selbst. Diese treten in den Diagnosen fossiler Hölzer fast bei allen Autoren bis in die neueste Zeit als diagnostische Hülfsmittel auf, ohne dass zur Zeit durch genaue und ausreichende Untersuchung an lebendern Hölzern deren Brauchbarkeit gesichert worden wäre. Mein hochverehrter Lehrer, Herr Professor **Kraus**, welcher schon bei seinen eingehenden „Untersuchungen über den mikroskopischen Bau der lebenden und fossilen Coniferen" die Unzulänglichkeit dieser letzteren Unterscheidungsmerkmale erkannt hat, hat mich auf diese Verhältnisse aufmerksam gemacht und mich auf die nähere Untersuchung derselben hingewiesen. Es soll durch diese die Frage „ob und wie weit Anzahl und Höhe der Markstrahlen für die Unterscheidung der Nadelhölzer brauchbar sind" ihrer Entscheidung näher gebracht werden.

Bevor ich mich zu den Untersuchungen selbst wende, will ich kurz die Hauptansichten aufführen, welche über den in Rede stehenden Gegenstand in der Literatur sich vorfinden; wobei gleich hinzugefügt werden mag, dass die von den Autoren geäusserten Ansichten von keinem derselben mit einem ausführlichen Beweismaterial belegt, somit Meinungen sind, deren Richtigkeit oder Unrichtigkeit erst im Folgenden nachgewiesen werden soll.

Bezüglich der Anzahl der Markstrahlen ist wohl zuerst von **Laves** oder **Karmarsch** eine Ansicht über diagnostische Brauchbarkeit geäussert worden.

Wenigstens findet sich in einer Abhandlung Nördlingers folgende Anmerkung (Die technischen Eigenschaften der Hölzer S. 9). „Laves hat in den Mittheilungen des Gewerbevereins für das Königreich Hannover 1837, 12. Lf. S. 310 anzugeben versucht, wie viele Spiegel auf einen Zoll Faserlänge bei verschienen Holzarten gezählt werden können. Es ist jedoch ganz richtig, was in dieser Beziehung Karmarsch, Holztechnologie S. 5 sagt, nämlich dass sich über die Zahl der Spiegel auf gegebenem Raum nichts unbedingt Gültiges angeben lasse.“ Den Grund hierfür findet Nördlinger in der mechanischen Schwierigkeit des Zählens, nicht etwa in einem Wechsel der Anzahl der Markstrahlen. Nördlinger selbst hat versucht den Reichthum der Hölzer an Spiegeln durch wirkliches Abzählen der auf einer gewissen Strecke des Querschnitts vorhandenen Spiegel zu bestimmen, um dadurch einen festen Anhaltspunkt für die sonst vagen Ausdrücke „spiegelreich“, „spiegelarm“ und deren Grade zu gewinnen. Er legte einen 5 mm breiten Ausschnitt einer Visitenkarte auf die Holzquerschnitte und bestimmte die auf denselben fallenden Markstrahlen durch einmalige Zählung. Doch bieten nach seinem Urteil die gefundenen Zahlen wegen der Schwierigkeiten, die diese Methode mit sich brachte, nur einen ungefähren Anhaltspunkt (Querschnitte von 100 Holzarten Bd. 2, S. 5).

Kraus dagegen hält, abgesehen von der Schwierigkeit des Zählens, also der Operation, eine sichere Angabe der Anzahl der Markstrahlen aus innern Gründen für unmöglich, weil Alter u. s. w. eine ziemliche Mannigfaltigkeit bei verschiedenen Individuen hervorrufe (Ueber den mikroskop. Bau der lebenden und vorweltlichen Nadelhölzer S. 146).

Ueber den Werth der Höhe der Markstrahlen liegen gleichfalls von verschiedener Seite Aeusserungen vor. Schacht, der sich viel von diesem Merkmal verspricht, sagt: „Die Zahl (und die Art der Verdickung) der Markstrahlzellen wird für die vergleichende Anatomie des Coniferenholzes sehr wichtig; bei *Juniperus* zählt die senkrechte Reihe 1—5 Markstrahlzellen, bei *Taxus* dagegen 2—24.“ (Die Pflanzenzelle S. 207). Offenbar ist er der Meinung, dass diese Zahlen sich durch das ganze Individuum nicht ändern, wie man aus folgender Bemerkung schliessen darf: „Der Bau des Holzes ändert sich in seinen anatomischen Verhältnissen mit dem Alter der Pflanzen nicht wesentlich, so dass der erste Jahrring nicht anders gebaut ist als die folgenden“ (Lehrbuch der Anatomie und Physiologie Bd. 2, S. 69). Aehnlich äussert er sich wiederholt in seinem „Baum“.

Eine ähnliche Ansicht scheint Schröder (Das Holz der Coniferen S. 39) zu haben. Er sagt zwar: „Im Holze dünner Aeste finden sich die Markstrahlen aus

einer geringeren Anzahl von Zellreihen bestehend". Aber auch: „Im Stammholz selbst ist die Gleichartigkeit des Baues durch die verschiedenen Jahrringe vollkommen vorhanden".

Möller wiederum spricht sich über den Werth der Markstrahlhöhe sehr bestimmt aus: Trotzdem die Höhe der Markstrahlen in vertikaler Richtung bedeutenden Schwankungen unterworfen ist, so giebt es doch für viele Arten ein Maximum, welches nur selten überschritten wird und umsomehr einen brauchbaren Charakter abgiebt, als es sehr auffallend und sofort zu bestimmen ist. Nur halte ich es für passender, anstatt die Höhe zu messen, dieselbe durch die Zahl der Zellen auszudrücken, welche in vertikaler Richtung über einander stehen" (Beiträge zur vergleichenden Anatomie des Holzes S. 11).

Diese zuversichtliche und ohne weitere Begründung aufgeführte Aeusserung Möller's ist um so erstaunlicher, als zwei bewährte Holzanatomen Göppert und Hartig sich gerade gegentheilig geäussert hatten: „Was die Verschiedenheiten des Alters betrifft, so finden wir bei jüngeren Zweigen bei ein und derselben Art gewöhnlich eine geringere Zahl der übereinander stehenden Zellen, welche den Markstrahl überhaupt bilden, als bei demselben Individuum in höherem Alter. Im allgemeinen ist der Werth dieses Kennzeichens hinsichtlich der Unterscheidung einzelner Arten nur von sehr relativem Werth und lässt sich eigentlich nur als Hülfskennzeichen benützen." (Göppert, Monographie der fossilen Coniferen S. 47). Ihm schliesst sich Hartig an: „Die Zahl der Stockwerke d. i. der übereinander liegenden Zellen in den Markstrahlen ist nach dem Individuum, dem Alter, dem Pflanzentheile, dem Standorte und Wuchse sehr verschieden und begründet keine Unterschiede" (Beiträge zur Geschichte der Pflanzen und zur Kenntniss der norddeutschen Braunkohlenflora. Bot. Zeitg. 1848 p. 128). Zu demselben Resultate kommt auch Kraus. „Auch die Höhe der Markstrahlen, die Zahl der senkrecht übereinander stehenden Zellen, ist zur Unterscheidung der Hölzer unbrauchbar, weil sie ausserordentlich schwankend ist für ein und dasselbe Individuum nach dem Alter, für dieselbe Species beim Vergleich verschiedener Individuen und endlich, weil die einzelnen Arten und Gattungen fast alle um dieselbe Zahl variiren." (Mikroskop. Untersuchungen über den Bau lebender und vorweltlicher Nadelhölzer S. 169).

Trotzdem nun, wie man sieht, die theoretischen Ansichten über den Werth der genannten Markstrahlverhältnisse einander diametral gegenüber stehen, sind sie, wie Eingangs bemerkt, ungemein häufig in den Diagnosen fossiler Hölzer als Charaktermerkmale verwerthet. Es dürfte also von Nutzen sein, durch definitive

Beantwortung der Fragen fernerer fehlerhaften Verwendung dieses diagnostischen Merkmals Einhalt zu thun.

Methode.

Zur Feststellung von Zahl und Maass bei den Markstrahlen der Coniferen halte ich mich nur an die sog. einreihigen Markstrahlen; die mehrreihigen der ächten Kiefernarten sind ausser Acht gelassen. Für die Zählung benutzte ich als Einheit das Gesichtsfeld eines Seibert'schen Mikroskops mit Ocular 1 und Obj. 5 (Vergr. $^1/_{275}$) und stellte die Anzahl der auf einem Tangentialschnitt sichtbaren Markstrahlen (auch die nur zum Theil in's Gesichtsfeld ragenden wurden gezählt) fest. Meist wurde die Zählung für jeden Jahrring 10mal d. h. an 10 verschiedenen Stellen (ev. Schnitten), seltener nur 5mal in kritischen Fällen sogar 20mal gemacht. Meine Angaben sind also der Regel nach die Mittel aus 10 Einzelergebnissen. — Die Zahl wurde zunächst in einem Stammquerschnitt von Jahr zu Jahr; dann in verschiedenen Stammhöhen festgestellt. — Wo, wie bei *Araucaria excelsa* die Jahrringe undeutlich waren, wurde in bestimmten Abständen vom Centrum (Mark) bestimmt. — Uebrigens wurden zuletzt die Anzahl der Markstrahlen auf 1 Quadratmillimeter berechnet. Die Höhe der Markstrahlen ergibt sich selbstverständlich aus der Zählung der übereinander stehenden Zellen. Da hiebei bloss die völlig im Gesichtsfeld liegenden Markstrahlen benutzt werden konnten, so begreift sich, dass in den angehängten Tabellen die Anzahl der Markstrahlen, deren Höhe bestimmt ist, und die Anzahl der Markstrahlen überhaupt sich nicht decken.

Die Grösse der Markstrahlzellen wurde durch Messung der Länge des ganzen Markstrahls (Obj. 3 und Oc. 3, Vergr. $^1/_{170}$) und Division mit der Anzahl der Markstrahlzellen als Mittelzahl erhalten.

Das Material, welches ich der Güte des Herrn Professor Kraus verdanke, war aus der Sammlung des botanischen Instituts und ist zum grossen Theil im hallischen botanischen Garten selbst erwachsen; der ältere *Pinus*stamm ist der Collektion von Musterstämmen entlehnt, welche der hiesigen Gewerbeausstellung angehörten und später durch freundliche Vermittelung des Herrn Oberförster Brecher in Zöckeritz dem botanischen Institut überwiesen wurden.

Im Folgenden stelle ich das Resultat meiner Untersuchungen zusammen.

I. Anzahl der Markstrahlen.

1. Die Anzahl der Markstrahlen innerhalb der verschiedenen Jahre desselben Stammquerschnitts ist nicht konstant, sondern zeigt folgendes Ver-

halten: Die Anzahl der Markstrahlen ist am grössten im ersten Jahrring; von hier nimmt sie nach aussen anfangs rasch, später allmählig ab, hält sich darauf innerhalb einer für die einzelnen Individuen verschiedenen Zone constant, um endlich bei hinreichendem Alter des Baumes wieder allmählig zu steigen. Die Minimalzahl der Markstrahlen ist oft nur der Hälfte der Maximalzahl gleich, ja sinkt noch bedeutend unter dieselbe herab.

Die folgende Zusammenstellung der Anzahl der Markstrahlen auf 1 □mm beweist die eben ausgesprochenen Sätze für die verschiedenen Hölzer.

Abietineae.

Jahrring.	*Pinus Strobus.*	*Abies pectinata.*	*Pinus Mughus.*	*Pinus silvestris.*	*Pinus Abies.*	*Pinus Larix.*
I	99	98	78	76	72	63
II	—	78	—	—	—	—
III	—	61	—	—	—	—
V	56	57	—	54	45	47
X	52	55	44	46	45	38
XX	40	45	—	36	—	38
XXIV	—	—	—	—	41	—
XXX	—	—	36	—	—	—
XXXV	—	—	—	—	—	38
XL	40	36	—	30	—	—
L	—	35	—	27	—	37
LX	35	—	—	27	—	—
LXXX	—	—	—	30	—	—
XC	43	—	—	30	—	—
CXXV	—	—	—	34	—	—
CLX	—	—	—	37	—	—
Resultat:	35—99	35—98	36—78	27—76	41—72	37—63

Cupressineae.

Jahrring.	*Biota orientalis.*	*Juniperus communis.*	*Juniperus virginiana.*	*Cupressus Lawsoniana.*	*Cupressus sempervirens.*	*Thuja occidentalis.*
I	147	143	126	102	100	86
V	—	—	—	—	—	78
X	136	126	102	82	64	—
XX	94	—	90	—	—	54
XXV	—	103	—	—	—	—
XXX	—	—	—	73	62	—
XXXVI	—	—	—	—	—	56
XL	93	—	80	—	—	—
LX	93	—	94	—	—	—
Resultat:	147—93	143—103	126—80	102—73	100—62	86—54

Taxineae.

Jahrring.	*Taxus baccata.*	*Salisburia Gingko.*
I	149	92
V	84	67
X	69	61
XX	65	—
XXV	—	47
XL	70	—
LV	—	35
Resultat:	149—65	92—35

Araucarieae.

Radius.	*Araucaria excelsa.*
0 mm	77
10 mm	65
25 mm	54
38 mm	34
	77—34

Von den von mir untersuchten Stammquerschnitten machte nur eine Fichte von jener Gesetzmässigkeit eine Ausnahme. Diese zählte bei einem Durchmesser von 140 mm 41 Jahrringe (während der Stammquerschnitt einer anderen bei 185 mm Durchmesser nur 24 Jahrringe aufwies); sie wuchs demnach unter ungünstigen Verhältnissen auf. Diese zeigte eine annähernd constante Anzahl der Markstrahlen, die Zahl selbst wich unbedeutend von derjenigen ab, welche der normal gewachsene Baum in seinen ersten Jahren zeigte. Normalbaum und abnorme Fichte verhalten sich wie folgt:

	Anzahl der Markstrahlen auf 1 □mm.	
Jahrring.	normale.	abnorme.
I	72	66
V	45	—
X	45	63
XX	—	64
XXIV	41	—
XL	—	73
Resultat:	72—41	73—63

2. Betrachten wir die Anzahl der Markstrahlen, wie sie sich bei demselben Individuum in verschiedener Baumhöhe gestaltet. Ein *Pinus- Strobus* wurde in einer Höhe von 0 m, 2 m, 4 m, 10 m und 14 m über dem Boden untersucht. Innerhalb des ersten Jahrrings blieb die Anzahl der Markstrahlen von 0 m bis 2 m annähernd gleich, von 2 m an nahm sie dagegen mit zunehmender Höhe allmählig ab; innerhalb des fünften Jahres hielt sie sich in der Höhe von 2 m bis 14 m konstant, nur unmittelbar über dem Boden war sie etwas grösser. Vom zehnten bis zum dreissigsten Jahre war die Anzahl in der Höhe von 2 m bis 4 m eine geringere, als in einer

höheren oder niederen Zone des Baumes. Die späteren Jahre endlich zeigen, soweit ein Vergleich möglich ist, ein ähnliches Verhalten wie der erste d. h. eine stete Abnahme mit der Zunahme der Baumhöhe. Der Uebergang scheint in gleicher Weise wie im fünften Jahre vermittelt zu werden. Die speciellen Zahlenverhältnisse sind die nachstehenden:

Baumhöhe.	I	V	X	XX	XXX	XL	LV	LX	LXXV	LXXX
0 m	99	56	52	40	(40)*	40	(36)	35	(38)	40
2 m	100	51	36	36	(34)	32	(32)	33	(32)	32
4 m	93	50	39	33	(33)	32	(32)	(32)	32	—
10 m	74	51	43	36	(34)	33	31	—	—	—
14 m	71	51	46	40	40	—	—	—	—	—

* Die eingeklammerten Zahlen sind Wahrscheinlichkeitszahlen.

3. Vergleicht man die Anzahl der Markstrahlen der gleichen Jahrringe bei den verschiedenen Individuen derselben Art, so findet man grössere oder geringere Abweichungen. So stimmen z. B. die beiden untersuchten Kiefern wohl überein; die drei Exemplare von *Juniperus virginiana* und die beiden von *Biota orientalis* dagegen weichen in einzelnen Jahrringen bedeutend von einander ab, während sie in anderen nahezu übereinstimmen. Die Abweichung der beiden Fichtenstämme ist bereits oben erwähnt. Die Grenzen, zwischen denen die Anzahl der Markstrahlen für die verschiedenen Individuen derselben Art liegt, sind nahezu die gleichen; eine Ausnahme machen nur jene Fichten. Die Befunde bei den anderen Bäumen waren diese:

Pinus silvestris.

Jahrring.	Anzahl der Markstrahlen.	
I	76	—
V	54	—
X	46	45
XX	36	37
XXXVIII	32	—
XL	—	30
	46—32	45—30

Juniperus virginiana.

Jahrring.	Anzahl der Markstrahlen.		
I	134	128	126
V	92	—	—
X	88	109	102
XX	84	82	90
XXXV	80	—	—
XL	(80)	88	80
LV	80	—	—
LX	—	93	94
	134—80	128—82	126—80

Biota orientalis.

Jahrring.	Anzahl der Markstrahlen.	
I	147	149
X	136	113
XX	94	—
XXV	—	90
XL	93	—
LX	93	—
	147—93	149—90

4. Unterschiede in der Anzahl der Markstrahlen zwischen den verschiedenen Arten, Gattungen, Familien existiren und sind theils grösser, theils geringer.

Die Cupressineen zeigen im Allgemeinen eine fast doppelt so grosse Anzahl als die Abietineen, aber *Thuja occidentalis* schliesst sich diesen letzteren an. Von den Taxineen schliesst sich *Taxus baccata* an die Cupressineen, *Gingko* dagegen an die Abietineen; *Araucaria* steht letzteren nahe. Die Markstrahlen der *Juniperus*-Arten sind zahlreicher als bei *Cupressus*. Bei den verschiedenen Arten weicht allerdings die Anzahl der Markstrahlen in den gleichen Jahrringen oft bedeutend ab, nähert sich aber oder stimmt in der Gesammtheit fast überein. So differiren die gesammten Abietineen, namentlich vom fünften Jahre an, sehr unwesentlich, sie haben alle die Zahlen zwischen 40—63 gemein. Weniger decken sich die Zahlen der Cupressineen. *Taxus* und *Gingko*, obwohl in Gesammtheit bedeutend abweichend, haben dennoch die Zahlen 65—92 gemeinsam.

5. Endlich möchte ich noch auf zwei andere Beobachtungen aufmerksam machen, welche zeigen, dass bei excentrischem Wachsthum an verschiedenen Seiten des Stammes die Markstrahlzahl gleich, und umgekehrt, bei ganz regelmässig concentrischem sehr ungleich ausfallen kann. Der kleinste Radius einer *Biota orientalis* war 60 mm, ihr grösster 125 mm. Ich untersuchte den letzten Jahrring an den Stellen des grössten und kleinsten Radius, konnte jedoch in der Anzahl der Markstrahlen keinen Unterschied wahrnehmen, sie schwankte zwischen denselben Grenzen. Es waren auf dem Gesichtsfelde folgende Zahlen beobachtet worden:

Radius von 60 mm: 20, 20, 17, 17, 16, Mittel: 18,0, auf 1 □ mm 92.
Radius von 125 mm: 20, 20, 19, 17, 16, Mittel: 18,4, auf 1 □ mm 94.

Dagegen verhielt sich die untersuchte *Cupressus sempervirens* bei schön concentrischen Jahrringen in dem letzten derselben an zwei diametral entgegengesetzten Stellen bedeutend verschieden, die eine Seite wies eine um 1/3 grössere Anzahl von Markstrahlen auf als die entgegengesetzte, während ein Unterschied in der Breite des Jahrringes an den betreffenden Stellen kaum zu bemerken war. Die 15 Zählungen ergaben für das Gesichtsfeld folgende Werthe:

19, 19, 18, 17, 17, 17, 17, 16, 16, 16, 16, 15, 15, 15, 13. Mittel: 16,4, auf 1 □ mm 83.
14, 13, 13, 13, 13, 13, 12, 12, 12, 12, 12, 11, 11, 11, 10. Mittel: 12,1, auf 1 □ mm 62.

Alle diese Thatsachen zeigen zur Genüge, dass die Anzahl der Markstrahlen für die Bestimmung des Coniferenholzes keinen oder nur sehr beschränkten Anhalt bietet.

Ich möchte hier eine Bemerkung über den Zusammenhang der abnehmenden Markstrahlzahl im Alter mit der gleichzeitig stattfindenden Dimensionszunahme der

Holzzellen einfügen. Zugleich mit der geringeren Anzahl der Markstrahlen im höheren Alter gegenüber der oft doppelten im ersten Jahre beobachtete ich eine umgekehrte Differenz in der Breite der Holzzellen, dadurch würde die Vermuthung nahe gelegt, dass die Abnahme der Anzahl der Markstrahlen lediglich durch die Breitenzunahme der Holzzellen bedingt sei. In wie weit diese beiden Thatsachen in einander greifen, habe ich in folgender Weise festzustellen versucht. Ich habe in den betreffenden Jahrringen durch Zählen annähernd ermittelt, wie viel Holzzellen (ihrer Breite nach) auf den Durchmesser des Gesichtsfeldes kamen und wie viel Markstrahlen sich auf demselben Gesichtsfelde vorfanden. Es ergab sich für P. Strobus als Mittel aus je zehn Zählungen folgendes:

Jahrring.	I	V	X—XX	XL	LXXX
Holzzellen	60	40	35	28	30
Markstrahlen.	20	10	7	6,3	6,3

Die Zahl der Holzzellen nahm mit wachsendem Alter ab, ihre Breite folglich zu. Diese Breitenzunahme geht mit der Abnahme der Anzahl der Markstrahlen Hand in Hand, ist ihr jedoch nicht proportional. Denn während die Breite der Holzzellen von I. zum V. Jahre um das 1,5 fache zunimmt, so nimmt die Zahl der Markstrahlen um das doppelte ab. Von I.—X. Jahre nimmt die Breite jener um das 1,7 fache zu, die Anzahl dieser um das 2,8 fache ab; vom I.—LXXX. Jahre endlich nimmt die Breite jener um das doppelte zu, die Anzahl dieser um das dreifache ab. Die Breite der Holzzellen nimmt also weniger schnell zu als die Anzahl der Markstrahlen abnimmt, woraus folgt, dass das Verhalten dieser, wenn es auch mit dem jener in Zusammenhang steht, doch nicht durch dieses allein bedingt wird. Freilig, da nach anderen Untersuchungen auch die Länge der Holzzellen mit dem Alter zunimmt, so könnten doch vielleicht Längen- und Breitenzunahme derselben zusammen die Abnahme der Anzahl der Markstrahlen allein erklären. In diesem Falle würden Markstrahlen und Holzzellen immer in demselben Verhältniss stehen. Aber es könnte auch die Längenzunahme eine grössere oder geringere als oben angenommen sein, wonach dann eine Abnahme oder Zunahme der Markstrahlenzahl absolut genommen stattfinden würde.

Weniger scharf ausgesprochene und durchgreifende Gesetzmässigkeit bietet

II. Die Höhe der Markstrahlen

dar.

1. Gewöhnlich finden sich die grössten überhaupt erreichten Markstrahlhöhen nicht schon im ersten Jahre: hier sind sie niedrig; in den folgenden Jahren

treten immer höhere hinzu, die grösste Höhe wird jedoch ziemlich früh erreicht. Bisweilen jedoch enthält schon der erste Jahrring Markstrahlen von solcher Höhe, wie sie überhaupt erreicht wird; auch kommt es vor, dass die Höhe im späteren Alter wieder abnimmt.

2. Die in einem Jahrringe vorkommenden verschieden hohen Markstrahlen sind nicht in annähernd gleicher Anzahl vorhanden, sondern es überwiegt eine gewisse Höhe mehr oder weniger. Diese vorherrschenden Markstrahlhöhen sind jedoch für die verschiedenen Jahre desselben Stammquerschnitts nicht die gleichen, sondern sie zeigen folgendes Verhalten. Im ersten Jahre haben nur wenige Zellen hohe (ganz niedere) Markstrahlen das Uebergewicht, höhere treten an Zahl untergeordnet oder vereinzelt auf. Diese prävalirende Stellung nehmen mit wachsendem Alter immer höhere Markstrahlen ein, während die niederen zurücktreten, oder ganz verschwinden. Die Maximalhöhe der prävalirenden Markstrahlen erreicht aber nicht die Maximalhöhe der Markstrahlen überhaupt, sondern bleibt hinter dieser bedeutend zurück. Dies deutet bereits Schröder (Das Holz der Coniferen p. 54) an: „Wie bei den Kiefern, so sehen wir auch bei den Fichten die Markstrahlen mit einer mittleren Anzahl von Zellreihen am häufigsten auftreten, während die höheren verhältnissmässig selten sind.“ Nicht immer spricht sich dieses Verhalten deutlich aus, die Prävalenz überspringt in einzelnen Jahren gewisse Höhen, ruht in den ersten Jahren auf höheren und greift später auf niedere Markstrahlen zurück. Ferner erstreckt sich das Uebergewicht auf eine grössere oder geringere Anzahl von Höhen; dieses ist besonders in den ersten Jahren, jenes in späteren der Fall. Damit im Zusammenhange steht das Verhältniss, in welchem die Markstrahlen mit vorherrschender Höhe zur Gesammtanzahl stehen. Z. B. beträgt bei der Kiefer im ersten Jahre die Anzahl der 2- bis 4zelligen Markstrahlen etwa je $1/4$, zusammen $5/6$, im sechzigsten Jahre die der 3- bis 11zelligen etwa je $1/7$ bis $1/11$, in Summe $9/10$ der gesammten Markstrahlen, deren Höhen zwischen 1 bis 18 lagen. Auf diese Weise wird die Prävalenz, die in den ersten Jahren eine so ausgesprochene ist, in den letzten Jahren undeutlicher. Als Beispiel für diese Verhältnisse diene *Pinus Strobus*, die Zahlenangaben sind das Mittel aus zehn Beobachtungen.

Höhe der	Anzahl der Markstrahlen auf dem Gesichtsfelde.						
Markstr.	I	V	X	XX	XL	LX	XC
1	4,2	0,3	0.1	0,1	0.1	0,1	0,3
2	5.8	1.7	0,6	0.4	0.5	0,5	0.8
3	2,0	3.2	1.3	0,5	0,2	0,3	0,6
4	1,4	1,9	1,4	0,8	0,9	0.5	0,9

Höhe der Markstr.	Anzahl der Markstrahlen auf dem Gesichtsfelde. I	V	X	XX	XL	LX	XC
5	0,8	0,6	1,7	0,7	0,2	1,2	0,6
6	0,3	0,4	1,2	1,1	0,8	0,6	0,8
7	0,8	0,3	1,1	0,3	1,0	0,5	0,6
8	0,2	0,1	0,5	0,7	0,6	0,4	0,4
9	—	—	0,1	0,3	0,7	0,3	0,6
10	—	—	0,1	0,8	0,4	0,4	0,3
11	—	—	—	0,1	0,1	0,8	0,4
12	—	—	—	0,2	0,2	—	0,2
13	—	—	—	0,2	0,2	0,1	—
14	—	—	—	—	—	—	0,1
Summa:	15,5	8,5	8,1	6,2	5,9	5,7	6,6

3. Innerhalb derselben Jahrringe in verschiedener Baumhöhe treten keine bedeutenden Unterschiede in den Markstrahlhöhen auf: sie liegen nahezu zwischen denselben Grenzen; die vorherrschenden Höhen zeigen vereinzelte grössere Differenzen.

4. Die Markstrahlhöhen bleiben auch bei verschiedenen Individuen derselben Art nicht constant. In einer der beiden oben genannten Fichten war der höchste beobachtete Markstrahl nur aus 20, in der anderen aus 28 Zellen zusammen gesetzt, auch die Vertheilung der prävalirenden Höhen war in beiden eine verschiedene. Ziemlich übereinstimmend fand ich die Höhen der Markstrahlen bei den beiden Kiefern. Wieder sehr verschieden verhielten sich die drei Exemplare von *Juniperus virginiana*. Die grössten Markstrahlen erreichten bei den einzelnen eine Höhe von 18, 21 und 28 Zellen; geringere Unterschiede boten die vorwaltenden Markstrahlhöhen. Endlich zeigten auch die beiden Individuen von *Biota orientalis* Abweichungen. Die Maximalhöhe der Markstrahlen bei der einen war 16, die der anderen nur 9 Zellen; in der ersten überwogen die 1- bis 9 zelligen, in der zweiten die 1- bis 6 zelligen Markstrahlen.

Schon diese Thatsachen reduciren den Werth der Markstrahlhöhen für die Bestimmung, er wird aber ganz hinfällig beim weiteren Vergleich der einzelnen Arten und Gattungen:

Abietineae:	Höhengrenzen	Vorherrschende Höhen	*Cupressineae:*	Höhengrenzen	Vorherrsch. Höhen
Pinus Larix L.	1—40	3—20	*Juniperus virginiana*	1—28	1—8
Pinus Abies L.	1—28	2—12—16	*Biota orientalis*	1—25	1—8
Abies pectinata DC.	1—26	2—14	*Cupressus Lawsoniana*	1—19	1—8
Pinus Strobus L.	1—22	2—10	*Thuja occidentalis*	1—14	1—8
Pinus silvestris L.	1—18	3—12—15	*Cupressus sempervirens*	1—12	1—6
Pinus Mughus Scop.	1—12	2—10	*Juniperus communis*	1—12	1—6

Taxineae:	Höhengrenzen	Vorherrschende Höhen	*Araucarieae:*	Höhengrenzen	Vorherrsch. Höhen
Taxus baccata	1—21	1—10	*Araucaria exselsa*	1—10	1—6
Salisburia Gingko	1—6	1—4			

Darnach möchte es fürs Erste scheinen, als ob sich gewisse Arten wohl unterscheiden liessen. In der That sind die Markstrahlen beispielsweise bei den Abietineen im Allgemeinen höher als bei den Cupressineen; auch sind z. B. unter den Abietineen manche Arten etwas distinguirt (z. B. Larix). Zumeist aber schwanken die vorherrschenden Zahlen um dieselben Grössen. Nimmt man hinzu, dass die Maximalzahlen oft nur bei längerem Suchen festzustellen sind, ferner, dass weitere Untersuchungen gewiss scheinbar vorhandene Differenzen noch mehr verwischen können, dann ist es gewiss erlaubt zu sagen: Auch die Höhe der Markstrahlen gibt für die Diagnostik der Nadelhölzer keinen erwünschten Anhalt. Ich will endlich noch einen letzten Beweis für die Unzulänglichkeit dieses Unterscheidungsmerkmales anführen. Er liegt auch in der Verschiedenheit der Angaben, welche über die Höhen der Markstrahlen für dieselben Arten gemacht worden sind. Die nachstehende Zusammenstellung zeigt dies.

Abietineae.

	Pin. Larix L.	*Pin. Abies L.*	*Pin. Strobus L.*	*Abies pectinata DC.*	*Pin. silvestr.*	*Pin. Mughus*
Schröder:	3—40	—	Mittel 5,76—6,50	—	3—13—32 meist 4—8	Mittel 6,33—7,40
Schacht:	1—12	1—16	1—6	1—16	1—6	1—6
Möller:	—	3—30	3—5	meist 10 höchstens 15	—	1—10
der Verfasser:	1—40 meist 3—20	1—28 meist 2—12—16	1—22 meist 2—10	1—26 meist 2—14	1—18 meist 3—12—15	1—12

Cupressineae.

	Juniper. virgin.	*Cupressus sempervir.*	*Thuja occident.*	*Biota orientalis*
Schacht:	1—5—6	3—20	1—10	—
Möller:	10 und mehr	—	—	selten über 4
v. Merklin:	selten 10—20 meist 1—10	selten 1—15 meist 3—9	höchsten 12 meist 2—6	—
der Verfasser:	1—28 meist 1—8	1—12 meist 1—6	1—14 meist 1—8	1—28 meist 1—8

Taxineae.

	Taxus baccata	*Salisburia Gingko*
Göppert:	—	2—4 6—8 1—10
Kraus:	2—30	—
Möller:	meist 5	nicht über 3
Schacht:	2—24	—
der Verfasser:	1—21 meist 1—10	1—6 meist 1—4

Die Höhe der Markstrahlen ist auch vielfach nicht durch die Zahl der Markstrahlen, sondern durch directes Längenmass angegeben worden. Es versteht sich, dass dadurch die Sachlage nicht geändert wird. Es sei aber doch darauf hingewiesen, dass sich auch hier wieder sehr abweichende Angaben finden. Nördlinger giebt für die von mir untersuchten Species nur zwei Höhen an; die Markstrahlen der meisten sind 0,5 mm hoch, *Junniperus communis* und *Taxus baccata* nur 0,2 mm (Die technischen Eigenschaften der Hölzer p. 507—542). Die Wiesner'schen Angaben entfernensich, ausser bei *Taxus*, oft beträchtlich von denen Nördlingers (Die Rohstoffe des Pflanzenreichs p. 617—628).

	Pinus Larix	*Pinus Abies L.*	*Abies pect. DC.*	*Pinus Strobus*	*Pin. silv. L.*
Nördlinger	0,5 mm	0,5 mm	0,5 mm	0,5 mm	0,5 mm
Wiesner	—	—	—	—	0,6 mm
Der Verfasser	0,76 mm	0,48 mm	0,47 mm	0,48 mm	0,4 mm

	Cupressineae.			*Taxineae.*	
	Junip. virg.	*Thuja occid.*	*Junip. com.*	*Taxus baccata*	*Salisburia Gingko*
Nördlinger	0,5 mm	0,5 mm	0,2 mm	0,2 mm	0,5 mm
Wiesner	0,13 mm	selten über 0,08	meist nur bis 0,08 mm	bis 0,22 mm	—
Der Verfasser	bis 0,44 mm meist bis 0,13 mm	bis 0,25 mm meist bis 0,14 mm	bis 0,23 mm oft bis 0,11 mm	bis 0,37 mm meist bis 0,18 mm	selten bis 0,17 mm meist bis 0,11 mm

Die Abnahme der Anzahl der Markstrahlen und die gleichzeitige Zunahme der den Markstrahl zusammensetzenden Zellen auf einem Stammquerschnitt in der Richtung von innen nach aussen liesse vielleicht einen Ausgleich in der Weise vermuthen, dass eine annähernd constante Anzahl von Markstrahlzellen durch sämmtliche Jahrringe hindurch erzielt würde, und man könnte glauben, dass vielleicht diese einen Anhalt für die Unterscheidung der Hölzer bieten könnten. Aus den in den Beobachtungstabellen gemachten Angaben berechnet sich die Anzahl der Markstrahlzellen für 1 □mm wie folgt:

Abietineae.

Jahrring	*Pinus Larix*	*Abies pect. DC.*	*Pin. Mughus.*
I	250	260	290
V	365	330	—
X	380	280	210
XX	370	265	180
XXXV	350	—	—
XL	—	220	—
L	375	235	—
Grenzen	250—380	220—330	180—290
Mittel	350	265	225

Pinus Strobus.

Jahrring	0 m	2 m	4 m	10 m	14 m
I	200	215	220	195	165
V	150	165	195	175	170
X	200	150	160	175	170
XX	205	175	165	155	175
XXXII	—	—	—	—	160
XL	205	190	205	170	—
LVI—LX	195	—	—	160	—
LXXV	—	—	160	—	—
LXXX	—	160	—	—	—
XC	195	—	—	—	—
Grenzen	150—205	150—215	160—220	150—195	160—175
Mittel	190	175	185	170	170

Gesammtmittel: 180

Pinus Abies L.

I	290	280
V	—	285
X	310	280
XX	325	295
XL	325	—
Grenzen	290—325	280—295
Mittel	310	285

Pinus silvestris L.

I	150	—
V	180	—
X	165	195
XX	145	180
XL	155	165
L	—	210
LX	—	165
LXXX	—	190
C	—	220
CXXV	—	195
CL	—	185
CLX	—	195
Grenzen	145—180	165—220
Mittel	160	190

Cupressineae.

Jahrring	*Junip. com.*	*Thuja occid.*	*Cupr. Lawson.*	*Cupr. semperv.*
I	375	230	275	190
V	—	270	—	—
X	365	—	295	170
XX	—	195	—	—
XXV	250	—	—	—
XXX	—	—	315	200
XXXVI	—	215	—	—
Grenzen	250—375	195—270	275—315	170—200
Mittel	330	230	295	185

Jahrring	*Juniperus virginiana.*		
I	380	395	350
V	390	—	—
X	335	270	340
XX	340	230	325
XXXV	285	—	—
XL	—	215	300
LV	300	—	—
LX	—	200	270
Grenzen	285—390	200—395	270—350
Mittel	340	260	315

Jahrring	*Biota orientalis.*	
I	270	275
X	410	320
XX	390	—
XXV	—	250
XL	385	—
LX	305	—
Grenzen	270—410	250—320
Mittel	350	280

Taxineae.

Jahrring	*Taxus bacc.*	*Salisburia Gingko.*
I	265	135
V	220	95
X	280	100
XX	280	—
XXV	—	90
XL	330	—
L	—	95
Grenzen	220—330	90—135
Mittel	275	100

Araucarieae.

Radius	*Araucaria excelsa.*
0 mm	85
10 mm	150
25 mm	150
38 mm	120
Grenzen	85—150
Mittel	125

Man sieht, obige Zahlen zeigen die erwartete Constanz nur annähernd und in wenigen Fällen, meistens machen sich unregelmässige Schwankungen geltend. So hält sich bei einigen Bäumen in den meisten Jahrringen die Anzahl innerhalb ziemlich enger Grenzen und nur der eine oder andere Jahrring weist eine beträchtlich höhere oder geringere Zahl auf; andere zeigen eine stetige Abnahme oder eine stetige Zunahme von innen nach aussen. Die Abweichungen sind oft sehr gross.

Die Anzahl der Markstrahlzellen bei der Weymuthskiefer in den verschiedenen Höhen zeigt nur sehr geringe Abweichungen.

Endlich zeigen auch verschiedene Individuen derselben Art nicht nur in den gleichen Jahrringen, sondern auch in Gesammtheit beträchtliche Differenzen.

Wiesner glaubt auf die Anzahl der Markstrahlenzellen eine Unterscheidung von Arten gründen zu können. Er giebt in seiner „Untersuchung einiger Treibhölzer aus dem nördlichen Eismeere“ diesbezügliche Angaben. Nach diesen kommen auf eine Tangentialfläche des Holzes der Tanne im Mittel auf 1 □mm 310 Markstrahlzellen zu liegen; bei der Fichte 220, bei der gewöhnlichen Lärche 270. Aber weder diese Zahlen selbst, noch ihr Verhältniss zu einander stimmen mit meinen Befunden

überein; die Tanne hat nach ihm die meisten, nach meinen Berechnungen die wenigsten Markstrahlzellen. Fichte und Lärche differiren um 75, resp. 80 Zellen. *Thuja occidentalis* und *Juniperus communis* unterscheidet er ebenfalls durch die Anzahl der Markstrahlzellen, *Thuja* hat im Mittel 160, *Juniperus* deren 230. Ich finde für *Thuja* 230, für *Juniperus* 330; so bedeutend die Zahlen auseinander gehen, so stellt sich hier doch wenigstens das Verhältniss derselben gleich. —

Vergleicht man das Mittel aus allen Messungen bei obigen Bäumen, so ergibt sich sofort, dass die Differenzen zwischen verschiedenen Arten und Gattungen oft geringere sind, als die, welche sich in verschiedenen Theilen desselben Individuums finden. Daraus ergiebt sich aber, dass der von Wiesner eingeschlagene Weg, die Anzahl der Markstrahlzellen zur Diagnose zu benutzen, unzulässig ist. —

Zum Schluss noch einige Bemerkungen über die Höhe der Markstrahlzellen. Schon die blosse Betrachtung lehrt einen Unterschied in der Grösse der Markstrahlzellen bei gewissen Hölzern; man nehme nur z. B. Tanne und Gingko. Es fragt sich nun, ob eine genaue Messung der Grösse Anhaltspunkte für die Unterscheidung bieten könnte?

Allein die Höhe schwankt innerhalb desselben und auch der verschiedenen Jahrringe und die Unterschiede bei den einzelnen Hölzern sind gewöhnlich sehr gering. Ein Beispiel liefern die Messungen bei der Tanne. Hier schwankten die Markstrahlzellhöhen im ersten Jahre zwischen 0,018 und 0,026 mm; auf dem ganzen Stammquerschnitt zwischen 0,014 und 0,026 mm. Für die einzelnen Jahre war das Mittel aus zwanzig Messungen folgendes:

I 0.020, II 0,021, III 0,017, IV 0,018, V 0,017, X 0,017, XXX 0,016 L 0,016 mm. Mittel 0,018 mm.

Aehnlich verhielten sich die anderen Hölzer, für die ich noch die Grenzen und das Mittel für den gesammten Querschnitt angeben will.

Abietineae:	Grenzen	Mittel	*Cupressineae:*	Grenzen	Mittel
Pinus silvestris	0,017—0,035 mm	0,022 mm	*Juniperus communis*	0,015—0,025 mm	0,019 mm
Pinus Strobus	0.017—0,030 mm	0,022 mm	*Thuja occidentalis*	0,016—0,021 mm	0,018 mm
Pinus Larix	0.015—0,025 mm	0,019 mm	*Juniperus virginiana*	0,014—0,020 mm	0,016 mm
Abies pectinata	0.014—0,026 mm	0,018 mm	*Taxineae:*		
Pinus Abies	0,012—0,020 mm	0.017 mm	*Salisburia Gingko*	0,021—0,034 mm	0,028 mm
			Taxus baccata	0,016—0,019 mm	0,018 mm

Wiesner (Einleitung in die technische Mikroskopie S. 149) findet andere Mittelzahlen, für die Kiefer 0,030 mm, für die Weymuthskiefer 0,025 mm; die Markstrahlen

zellen der Tanne sollen etwas grösser sein als die der Fichte, was mit meinen Zahlen stimmt, die Grösse selbst giebt er nicht an. Kurz: Auch den Differenzen in der Zellgrösse der Markstrahlen lässt sich kein sicherer diagnostischer Werth beilegen.

Tabellen-Erklärung.

In den Tabellen, welche eine specielle Einsicht in die Art und Weise, wie die Mittelzellen gewonnen wurden, geben sollen, entsprechen die senkrechten Reihen unter der Aufschrift „Anzahl der Markstrahlen auf dem Gesichtsfelde" den einzelnen Beobachtungen so, dass das oberste Glied einer jeden die beobachtete Gesammtzahl der Markstrahlen ohne Rücksicht auf ihre Höhe angiebt, die folgenden dagegen angeben, in welcher Anzahl die Markstrahlen der verschiedenen Höhe darunter vertreten waren, ihre Summe bleibt, weil in der Gesammtsumme auch die nur zum Theil in das Gesichtsfeld ragenden Markstrahlen mit eingezählt wurden, hinter dieser zurück; die Höhe selbst, d. h. die Zahl der senkrecht übereinander stehenden Zellen wird durch die erste senkrechte Zahlenreihe angegeben. In entsprechender Weise enthält die vorletzte Zahlenreihe das Mittel aus den Beobachtungsreihen, die letzte die aus demselben für 1 □mm sich ergebenden Verhältnisse.

Abietineae.

1. *Abies pectinata DC.*

Durchmesser des Stammquerschnitts 198 mm; 51 Jahrringe.

Jahrring.	Markstrahlhöhe.	Anzahl der Markstrahlen auf dem Gesichtsfelde.										Mittel.	Anzahl d. Markstr. auf 1 □mm.
I		24	22	20	20	19	19	18	18	17	16	19,3	98
	1	5	3	1	1	2	—	2	2	—	1	1,7	10
	2	7	5	3	6	2	4	2	5	5	4	4,3	26
	3	2	3	4	2	3	4	2	2	2	3	2,7	16
	4	2	2	5	2	2	—	1	5	4	—	2,3	14
	5	1	—	2	2	4	2	2	—	—	—	1,3	8
	6	2	3	1	—	1	2	—	—	—	—	0,9	5
	7	—	—	—	1	1	—	3	—	1	2	0,8	5
	8	—	—	—	—	1	1	—	—	—	—	0,2	1
	9—19	—	—	—	—	—	—	—	9	12	14,19	—	—

Jahr-ring.	Markstrahl-höhe.	Anzahl der Markstrahlen auf dem Gesichtsfelde.										Mittel.	Anzahl d. Markstr auf 1 □mm.
II.		22	17	16	15	15	14	14	14	14	13	15,4	78
	1	3	2	1	1	—	2	1	1	—	—	1,1	8
	2	2	2	3	1	1	1	2	1	1	1	1,5	10
	3	2	3	1	—	1	1	2	1	1	—	1.2	8
	4	2	1	1	—	—	1	1	—	2	2	1,0	7
	5	—	1	2	3	—	1	1	1	1	1	1,1	8
	6	—	3	1	3	1	—	1	1	—	2	1,2	8
	7	1	—	1	—	—	2	—	2	1	1	0,8	5
	8	—	—	—	—	1	1	—	—	—	2	0,4	3
	9	—	—	1	1	1	1	—	—	—	1	0,5	3
	10	—	1	—	1	1	—	—	1	—	—	0.4	3
	11—19	12	—	—	—	14,19	—	11	14	14	—	12, 14 : 0, 2	1
III.		13	13	13	13	12	12	12	11	11	10	12,0	61
	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	0 1	—
	2	1	2	—	—	1	—	—	—	—	—	0.4	3
	3	2	—	2	1	—	—	2	1	—	1	0,9	6
	4	1	1	1	—	2	1	1	2	1	—	1,0	7
	5	2	—	2	3	2	1	1	—	1	—	1,2	8
	6	1	—	2	—	—	1	—	—	1	1	0,6	4
	7	1	1	1	—	1	3	—	—	1	1	0,9	6
	8	—	—	1	—	—	1	2	1	1	—	0,6	4
	9	—	2	—	1	1	—	1	1	—	1	0,7	5
	10	2	—	—	1	1	—	—	—	—	1	0,5	3
	11	—	1	—	1	—	—	—	—	—	1	0,3	2
	12	—	—	1	—	—	1	—	—	—	1	0,3	2
	13	—	—	—	1	—	—	1	1	2	—	0.5	3
	14	—	—	—	—	1	1	1	1	—	—	0,4	3
	15	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
V.		13	13	12	12	12	11	11	10	10	9	11 3	57
	1	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	0.1	—
	2	2	3	—	1	—	—	—	1	—	—	0,7	5
	3	1	—	1	1	1	—	—	—	1	—	0,5	3
	4	—	2	2	—	—	1	—	1	1	—	0,7	5
	5	2	—	1	—	2	1	1	—	1	—	0,8	5
	6	1	2	1	—	—	1	—	—	—	1	0,6	4
	7	1	—	2	1	1	—	1	2	—	2	1,0	7
	8	1	1	—	2	1	—	1	1	—	1	0 8	5
	9	1	—	—	—	—	1	1	1	1	—	0,5	3
	10	—	—	—	2	1	—	1	—	1	—	0,5	3
	11	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	0,1	—
	12—13	—	1	—	12	—	1	1	13	—	—	0 4	3
	14—16	—	14,16	—	—	14,15	15	—	—	16	—	0.2	1
	17—26	21	—	—	22	—	26	—	—	—	19, 22	22 : 0,2	22 : 1

Jahr-ring.	Markstrahl-höhe.	Anzahl der Markstrahlen auf dem Gesichtsfelde.										Mittel.	Anzahl d. Markstr. auf 1 □ mm.
X.		12	12	12	12	11	10	10	10	10	9	10,8	55
	1	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	0,2	1
	2	2	—	1	2	—	1	—	—	—	—	0,6	4
	3	1	2	—	1	1	1	—	1	1	1	0,9	5
	4	2	2	—	—	—	1	2	—	—	—	0,7	4
	5	2	—	3	—	—	—	1	2	—	—	0,8	5
	6	—	—	2	—	—	—	—	1	1	—	0,4	2
	7	—	3	—	1	1	2	—	—	1	3	1,1	7
	8	—	—	—	2	1	1	1	1	2	1	0,9	5
	9	1	—	1	1	—	1	1	—	—	1	0,6	4
	10	1	—	—	—	2	—	—	—	2	—	0,5	3
	11	—	—	—	1	—	1	1	—	—	—	0,3	2
	12	—	—	1	1	1	—	1	1	1	—	0,6	4
	13—16	13	16	—	—	15	15	—	14	—	—	15 : 0,2	15 : 1
XX.		11	11	10	9	9	8	8	8	7	7	8,8	45
	2	—	1	—	—	1	—	—	—	—	—	0,2	1
	3	2	1	1	—	1	—	1	1	1	1	0,9	5
	4	—	1	—	2	1	2	—	—	—	2	0,8	5
	5	2	1	1	1	—	—	1	—	1	—	0,7	4
	6	—	1	2	1	2	—	—	1	—	—	0,7	4
	7	1	1	—	—	2	1	1	4	1	1	1,2	7
	8	1	1	—	1	—	—	—	—	—	1	0,4	2
	9	—	1	1	1	—	1	—	—	1	1	0,6	4
	10	—	—	1	1	—	—	—	1	—	—	0,3	2
	11	—	1	1	—	1	—	—	—	—	—	0,3	2
	12—13	2. 13	—	12	12	—	12	2. 13	—	12	—	0,4	2
	14—20	—	—	—	16	20	—	—	—	18	—	—	—
XL.		9	9	8	7	7	7	7	6	6	6	7,2	36
	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1	—
	3	—	1	1	—	—	1	—	—	—	—	0,3	2
	4	1	—	—	—	—	—	—	3	1	—	0,5	3
	5	—	—	1	—	1	—	1	1	—	—	0,4	2
	6	1	—	1	1	—	—	—	—	—	1	0,4	2
	7	1	2	2	—	1	2	—	—	1	—	0,9	5
	8	1	—	—	—	—	1	2	—	1	1	0.6	4
	9	2	1	—	1	2	—	—	1	—	1	0,8	5
	10	—	—	1	1	—	—	1	—	—	2	0,5	3
	11—21	—	11, 14	—	12, 15	17	13	21	—	11, 13	—	11, 13 : 0.2	1

Jahrring.	Markstrahlhöhe.	Anzahl der Markstrahlen auf dem Gesichtsfelde.										Mittel.	Anzahl d. Markstr. auf 1 □ mm.
L.		8	8	8	7	7	7	6	6	6	5	6,8	35
	1	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	0,1	—
	2	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	0,1	—
	3	1	—	—	—	—	—	—	1	—	—	0,2	1
	4	—	—	—	1	—	1	—	—	—	—	0,2	1
	5	2	—	—	2	1	—	—	—	—	—	0,5	3
	6	1	1	2	1	1	1	—	—	—	—	0,7	4
	7	1	—	1	1	—	1	1	—	—	—	0,5	3
	8	—	—	—	1	—	2	1	—	2	—	0,6	4
	9	—	1	1	—	—	1	1	2	2	—	0,8	5
	10	1	1	—	—	2	—	—	1	—	—	0,5	3
	13—14	—	14	14	—	—	—	13	—	—	14	14 : 0,3	14 : 2
	15—16	—	—	—	—	16	—	—	15	—	16	16 : 0,2	16 : 1
	17—24	—	20	—	—	—	—	17	—	—	20, 24	20 : 0,2	20 ; 1

2*a*. *Pinus Abies L.*

Durchmesser des Stammquerschnitts 140 mm; 41 Jahrringe.

Jahrring.	Markstrahlhöhe.	Anzahl der Markstrahlen auf dem Gesichtsfelde.								Mittel.	Anzahl der Markstr. auf 1 □ mm
I.		16	14	13	12	10	—	—	—	13.0	66
	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2	1	1	—	1	1	—	—	—	0,8	5
	3	1	1	2	2	1	—	—	—	1,4	10
	4	3	3	2	1	—	—	—	—	1,8	12
	5	1	1	2	—	3	—	—	—	1,4	10
	6	1	—	1	1	1	—	—	—	0,8	5
	7	3	1	1	2	—	—	—	—	1,4	10
	8	1	1	—	—	—	—	—	—	0.4	3
	9	1	1	1	—	—	—	—	—	0,6	4
	10	—	—	—	—	1	—	—	—	0,2	1
	11	—	—	1	1	—	—	—	—	0,4	3
	12	—	1	—	1	—	—	—	—	0,4	3
	13—20	—	—	—	17	19	—	—	—	—	
X.		14	14	12	12	10	—	—	—	12,4	63
	1	1	—	—	—	—	—	—	—	0,2	1
	2	1	—	1	—	—	—	—	—	0.4	2
	3	2	2	2	—	—	—	—	—	1,2	7
	4	2	2	—	—	2	—	—	—	1,2	7
	5	1	—	—	1	—	—	—	—	0,4	2

Jahrring.	Markstrahl-höhe.	Anzahl der Markstrahlen auf dem Gesichtsfelde.								Mittel.	Anzahl der Markstr. auf 1 □mm
X.	6	—	2	—	2	—	—	—	—	0,8	5
	7	1	2	1	—	1	—	—	—	1,0	6
	8	1	1	2	2	1	—	—	—	1,4	8
	9	—	—	2	—	1	—	—	—	0,6	4
	10	—	—	—	1	—	—	—	—	0,2	1
	11	2	—	—	—	—	—	—	—	0,4	2
	12	1	—	—	2	1	—	—	—	0,8	5
	13—20	—	14	16	20	14	—	—	—	14, 16, 20	14 : 1
XX.		16	12	12	12	11	—	—	—	12,6	64
	1	2	—	—	1	—	—	—	—	0,6	4
	2	2	2	—	—	—	—	—	—	0.8	5
	3	1	—	1	2	2	—	—	—	1,2	7
	4	1	—	—	1	—	—	—	—	0,4	2
	5	—	2	2	—	1	—	—	—	1,0	6
	6	2	—	1	—	1	—	—	—	0,8	5
	7	—	1	—	2	1	—	—	—	0,8	5
	8	2	1	2	1	—	—	—	—	1,2	7
	9	—	1	2	—	—	—	—	—	0,6	4
	10	1	1	—	2	1	—	—	—	1,0	6
	11	1	—	—	1	1	—	—	—	0,6	4
	12	1	—	—	—	1	—	—	—	0,4	2
	13—20	—	16	13, 15	—	17	—	—	—	(13—17)	
XL.		17	16	16	15	14	13	13	11	14,4	73
	1	1	—	—	—	1	—	—	1	0,4	2
	2	2	1	3	2	—	—	1	1	1,2	7
	3	4	2	2	2	2	1	1	2	2,0	12
	4	3	2	2	—	3	2	1	—	1.6	10
	5	1	3	2	3	2	1	1	—	1,6	10
	6	2	2	1	2	4	2	1	1	1,9	11
	7	—	1	2	1	—	—	—	1	0.6	4
	8	—	1	1	2	—	2	1	—	0,9	5
	9	—	—	—	—	—	—	1	1	0,2	1
	10	1	1	1	—	—	1	1	1	0,7	4
	11	—	—	—	—	—	1	—	—	0,1	
	12	—	—	—	—	—	—	1	—	0,1	
	13—20	—	—	—	13	13	14	15	16	(13—16)	

2*b*. *Pinus Abies L.*

Durchmesser des Stammquerschnitts 185 mm; 24 Jahrringe.

Jahr-ring.	Markstrahl-höhe.	Anzahl der Markstrahlen auf dem Gesichtsfelde.										Mittel.	Anzahl d. Markstr. auf 1 □mm.
I.		16	15	14	13	13	—	—	—	—	—	14,2	72
	1	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	0.2	1
	2	3	1	5	—	2	—	—	—	—	—	2,2	13
	3	—	4	2	—	1	—	—	—	—	—	1,4	8
	4	4	1	1	2	—	—	—	—	—	—	1,6	10
	5	3	—	—	—	1	—	—	—	—	—	0,8	5
	6	1	—	—	3	1	—	—	—	—	—	1,0	6
	7	—	2	1	—	1	—	—	—	—	—	0,8	5
	8	—	1	—	—	1	—	—	—	—	—	0,4	2
	9	1	—	—	3	1	—	—	—	—	—	1,0	6
	10	—	2	—	—	1	—	—	—	—	—	0,6	4
	11	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,2	1
	13—14	—	—	13	—	14	—	—	—	—	—	(13.14)	—
	18	—	—	18	—	—	—	—	—	—	—	(18)	—
V.		9	9	9	9	8	—	—	—	—	—	8,8	45
	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,2	1
	3	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	0,2	1
	4	1	1	—	2	1	—	—	—	—	—	1,0	6
	5	2	2	—	1	—	—	—	—	—	—	1,0	6
	6	—	—	1	2	2	—	—	—	—	—	1.0	6
	7	—	—	1	—	1	—	—	—	—	—	0,4	2
	8	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,2	1
	9	—	1	1	—	—	—	—	—	—	—	0 4	2
	10	—	—	2	—	2	—	—	—	—	—	0.8	5
	11	—	1	1	—	—	—	—	—	—	—	0.4	2
	12	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	0,2	1
	13—15	—	14, 15	—	13	15	—	—	—	—	—	(13—15)	—
	16—20	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(20)	—
	21—28	22	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(22)	—
X.		11	10	10	9	9	8	8	8	7	7	8,7	45
	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	0,1	—
	3	1	2	1	—	1	—	—	—	—	—	0,5	3
	4	1	—	—	—	—	—	—	2	—	—	0,3	2
	5	1	—	2	2	1	—	1	1	—	—	0 8	5
	6	—	—	—	2	—	1	1	—	—	—	0,4	2
	7	—	—	1	—	—	2	1	—	—	—	0,4	2

Jahrring.	Markstrahlhöhe.	Anzahl der Markstrahlen auf dem Gesichtsfelde.										Mittel.	Anzahl d. Markstr. auf 1 □mm.
X.		11	10	10	9	9	8	8	8	7	7	8,7	45
	8	—	—	—	—	—	1	—	—	1	—	0 2	1
	9	1	—	—	1	—	—	1	1	1	2	0,7	4
	10	1	1	1	—	1	—	1	—	—	1	0,6	4
	11	—	—	1	—	—	—	—	—	1	1	0,2	2
	12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	13—15	14	2.15	—	—	2.15	—	—	13—15	15	—	15 : 0,6	15 : 4
	16—20	16	18	16	19	16	16	19	—	17,19	20	16 : 0,5	16 : 3
	21—28	23	21	—	22	—	28	—	—	—	—	—	—
XXIV.		10	9	9	9	8	8	8	7	7	5	8,0	41
	1	1	—	—	1	—	—	—	—	—	—	0,2	1
	2	—	1	—	—	1	—	—	—	—	—	0,2	1
	3	—	—	1	1	1	2	—	1	1	—	0,7	4
	4	2	—	2	1	1	—	—	1	—	—	0,7	4
	5	1	—	1	1	1	—	1	—	1	—	0,6	4
	6	1	1	—	—	—	—	—	1	—	—	0,3	2
	7	2	1	—	—	—	—	—	—	—	1	0,4	2
	8	—	1	—	2	—	—	—	—	1	—	0,4	2
	9	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	0,2	1
	10	—	—	—	—	—	1	1	1	—	1	0.4	2
	11	—	1	2	—	—	—	—	1	—	—	0,4	2
	12	—	—	—	—	1	1	—	—	1	—	0 3	2
	13—15	15	—	—	14	—	—	13, 15	—	—	—	(13—15)	(15)
	16—20	—	17	—	—	18	18, 20	16	17	18	—	2(17,18)	(1.17,2.18)
	21—28	—	—	21	—	22	—	—	—	21	22,23	2(21,22)	(21, 22)

Cupressineae.

3 *a. Juniperus virginiana L.*

Durchmesser des Stammquerschnitts 130 mm; 55 Jahrringe.

Jahrring.	Markstrahlhöhe.	Anzahl der Markstrahlen auf dem Gesichtsfelde.										Mittel.	Anzahl d. Markstr. auf 1 □mm.
I.		30	30	28	28	25	25	25	24	24	23	26,2	134
	1	4	10	6	3	4	6	5	3	4	4	4,9	30
	2	5	6	3	4	3	4	4	3	5	1	3,8	22
	3	—	3	7	5	2	5	3	4	2	2	3.3	20
	4	1	—	1	1	3	4	3	1	—	1	1.5	9
	5	1	2	1	—	1	1	1	2	1	2	1,2	7
	6	2	—	—	2	1	—	1	1	—	—	0,7	4
	7	3	1	1	1	1	—	1	1	—	1	1,0	6
	8	—	2	1	—	—	—	—	1	—	1	0,5	3
	9	1	—	—	—	1	—	1	—	1	—	0,4	2

Jahr-ring.	Markstrahl-höhe.	Anzahl der Markstrahlen auf dem Gesichtsfelde.										Mittel.	Anzahl d. Markstr. auf 1 □ mm.
	10	—	—	1	—	—	—	—	—	1	1	0,3	2
	11—12	12	—	—	11	12	11	—	—	—	—	0,2	1
	14—15	—	—	14	—	15	—	—	—	14, 15	—	0.2	1
	16—23	—	17	23	—	—	16	—	18, 19	—	—	—	—
V.		21	19	19	18	18	18	18	17	17	16	18.1	92
	1	2	5	1	1	2	4	5	—	2	1	2,3	14
	2	2	—	—	1	3	—	1	—	—	1	0.8	5
	3	3	2	6	2	3	1	—	4	4	1	2,6	15
	4	1	1	3	4	1	1	1	—	2	3	1,7	10
	5	4	2	1	2	—	1	2	1	3	1	1,7	10
	6	2	1	1	—	3	1	6	3	—	—	1,7	10
	7	1	1	1	1	—	2	1	1	—	1	0,9	5
	8	—	—	1	2	—	2	—	1	—	—	0,6	3
	9	—	1	2	—	—	1	—	1	1	1	0,7	4
	10—11	—	10	—	10	11	11	—	—	10	11	0,3	2
	13—14	13	—	—	14	13	—	14	14	13	—	0.3	2
	15—17	17	15	—	—	—	—	—	16	—	15	15 : 0,2	1
X.		19	18	18	18	17	17	17	17	16	15	17,2	88
	1	1	1	—	—	1	—	2	1	1	1	0.8	5
	2	4	2	3	6	2	2	4	2	2	—	2.7	16
	3	6	2	1	1	2	5	3	3	1	—	2.4	14
	4	1	2	2	1	1	—	1	2	1	—	1,1	6
	5	1	4	4	1	4	1	1	2	2	1	2,1	12
	6	1	1	3	—	1	2	—	—	1	—	0,9	5
	7	—	—	1	3	1	1	1	—	1	—	0,8	5
	8	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1	0,2	1
	9	—	—	—	1	—	—	1	1	1	5	0,9	5
	10—11	11	—	—	—	—	—	10	10	—	11	0,2	1
	12	—	—	—	1	1	1	—	—	1	—	0,4	2
	13—28	28	20	—	—	—	18	—	13	15	—	—	—
XX.		18	18	17	17	17	16	16	16	15	15	16,5	84
	1	—	—	—	1	1	—	—	—	2	2	0.6	3
	2	6	4	1	1	1	—	1	5	2	1	2.2	13
	3	3	3	4	2	3	2	5	6	—	1	2,9	17
	4	—	3	2	1	1	2	—	1	5	1	1,6	9
	5	3	1	2	2	3	1	1	1	—	—	1,4	8
	6	1	1	1	1	1	2	—	—	1	1	0.9	5
	7	1	2	2	3	1	1	1	1	—	2	1,4	8
	8	—	1	—	—	—	—	—	1	1	—	0,3	2
	9	—	—	—	1	—	1	—	—	1	—	0,3	2
	10—11	—	—	—	—	1	—	10	—	—	11	0,2	1

Jahrring.	Markstrahlhöhe.	Anzahl der Markstrahlen auf dem Gesichtsfelde.										Mittel.	Anzahl d. Markstr auf 1 □ mm.
	12	—	—	2	1	—	—	1	1	—	—	0.5	3
	14	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	0.2	1
	15	—	—	—	—	1	1	1	—	—	—	0,3	2
	16	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	0,2	1
XXXV.		17	16	16	16	16	16	16	15	15	15	15,8	80
	1	3	1	3	5	3	2	1	1	4	1	2,5	15
	2	4	3	5	4	2	3	3	1	2	2	2.9	17
	3	2	3	3	2	2	1	3	2	—	1	1.9	11
	4	3	2	1	1	2	1	2	2	1	3	1,9	11
	5	—	1	1	—	1	1	2	1	3	4	1,4	8
	6	1	1	—	1	1	—	—	2	2	2	1,0	6
	7	1	1	—	—	1	—	2	1	1	—	0,7	4
	8	—	—	—	2	—	1	—	1	—	—	0,4	2
	9	1	—	—	—	—	1	—	—	—	—	0,2	1
	10	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—
	11—12	—	11	—	—	—	12	—	—	—	—	—	—
	15—22	—	16	20	—	—	17	15	22	—	—	—	—
LV.		18	17	17	17	16	16	15	15	14	13	15,8	80
	1	6	3	2	4	2	3	5	2	1	1	2,9	15
	2	4	7	5	2	5	3	2	6	2	4	4,0	20
	3	2	3	4	3	2	2	2	2	2	2	2,4	12
	4	2	2	—	—	1	2	2	—	—	1	1,0	5
	5	2	1	1	1	—	4	1	2	1	—	1,3	7
	6	—	—	—	1	1	—	—	—	2	—	0,4	2
	7	—	1	1	1	—	—	1	1	1	1	0,7	3
	8	—	—	1	1	1	—	1	—	1	—	0.5	2
	9	—	—	1	—	—	—	—	—	1	—	0.2	1
	11	—	—	—	1	—	1	1	—	1	—	0,4	2
	12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	0.2	1
	13	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—

3 *b*. *Juniperus virginiana L.*

Durchmesser des Stammquerschnitts 172 mm; 60 Jahrringe.

Jahrring.	Markstrahlhöhe.	Anzahl der Markstrahlen auf dem Gesichtsfelde.										Mittel.	Anzahl d. Markstr. auf 1 □ mm.
I.		28	28	26	26	25	24	24	24	23	23	25,1	128
	1	3	5	3	6	6	4	2	4	2	3	3,8	19
	2	7	7	4	3	4	4	6	5	7	6	5,3	27
	3	3	4	2	1	3	1	3	3	2	4	2,6	13
	4	2	4	4	2	2	2	4	3	1	5	2,9	15

Jahrring.	Markstrahlhöhe.	Anzahl der Markstrahlen auf dem Gesichtsfelde.										Mittel.	Anzahl d. Markstr. auf 1 □mm
	5	3	—	4	5	1	3	1	1	3	—	2,1	10
	6	2	2	1	1	3	1	1	2	1	1	1,5	8
	7	1	—	2	2	—	3	—	—	1	—	0.9	5
	8	1	1	2	—	—	—	—	1	2	—	0,7	4
	9	1	1	—	3	1	2	1	—	—	1	1,0	5
	10	—	1	—	—	—	—	1	—	—	1	0,3	2
	11—12	—	—	—	—	11	—	—	—	—	12	—	—
X.		22	22	22	21	20	—	—	—	—	—	21,4	109
	1	5	3	6	7	6	—	—	—	—	—	5,4	27
	2	4	7	3	3	6	—	—	—	—	—	4,6	23
	3	5	3	6	3	1	—	—	—	—	—	3,6	18
	4	3	4	2	2	1	—	—	—	—	—	2,4	12
	5	—	1	—	2	2	—	—	—	—	—	1,0	5
	6	1	1	1	2	1	—	—	—	—	—	1,2	6
	7	2	—	1	—	—	—	—	—	—	—	0,3	2
	8—11	—	9	—	—	11	—	—	—	—	—	—	—
XX.		19	18	16	16	16	16	16	15	15	15	16,2	82
	1	2	—	2	2	3	—	1	—	—	12	1,2	6
	2	7	5	5	2	5	3	5	6	4	5	4,7	23
	3	3	3	5	2	—	3	3	4	4	3	3,0	15
	4	1	3	—	1	1	3	1	1	2	2	1 5	8
	5	—	3	—	2	—	3	1	—	—	1	1,0	5
	6	—	—	1	2	1	—	1	—	—	—	0,5	3
	7	—	—	—	1	—	—	—	—	2	—	0,3	2
	8	1	—	1	—	1	—	1	—	1	1	0,6	3
	9	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1	—
	10	—	—	—	—	1	—	1	—	—	1	0,3	2
	11	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	0,1	—
XL.		19	18	18	18	18	17	17	16	16	15	17,2	88
	1	5	3	2	2	1	2	2	—	3	1	2,1	12
	2	4	5	5	5	6	6	4	5	5	8	5,3	32
	3	2	3	3	5	5	3	6	4	3	3	3,7	22
	4	3	2	1	—	2	2	—	2	2	—	1,4	8
	5	1	—	1	—	1	1	2	1	2	—	0,9	5
	6	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	0,1	—
	7	—	1	1	—	—	1	—	2	—	1	0,6	3
	8	—	1	—	1	—	—	—	—	—	1	0,3	2
	9—10	10	—	—	—	—	—	—	—	9	—	—	—

Jahrring.	Markstrahlhöhe.	Anzahl der Markstrahlen auf dem Gesichtsfelde.										Mittel.	Anzahl d. Markstr. auf 1 □mm.
LX.		20	20	20	19	19	19	18	17	16	14	18,2	93
	1	4	5	1	1	5	4	2	1	3	2	2,8	14
	2	10	5	10	10	7	8	5	7	6	2	7,0	36
	3	3	3	3	2	4	2	2	2	—	4	2,5	13
	4	1	2	1	1	2	3	5	3	4	1	2,3	12
	5	1	2	1	1	—	1	—	2	2	2	1,2	6

3c. *Juniperus virginiana L.*

Durchmesser des Stammquerschnitts 140 mm; 62 Jahrringe.

Jahrring.	Markstrahlhöhe.	Anzahl der Markstrahlen auf dem Gesichtsfelde.					Mittel.	Anzahl der Markstr auf 1 □mm
I.		29	25	24	23	23	24,8	126
	1	6	3	4	2	2	3,4	20
	2	6	7	5	4	6	5,6	33
	3	5	2	3	3	3	3,2	19
	4	1	2	3	5	4	3,0	18
	5	1	1	3	1	1	1,4	8
	6	—	1	—	1	1	0,6	3
	7	1	1	—	—	—	0,4	2
	8	—	2	—	—	—	0,4	2
	9—20	13	14, 20	—	18	9, 11	—	—
X.		23	20	20	19	18	20,0	102
	1	6	5	2	3	2	3,6	20
	2	3	5	5	3	2	3,6	20
	3	3	4	—	4	4	3,0	16
	4	3	1	2	—	1	1,4	7
	5	1	1	3	2	—	1,4	7
	6	3	—	1	1	1	1,2	6
	7	—	1	—	1	2	0,8	4
	8	—	1	1	1	1	0,8	4
	9	—	1	—	1	—	0,4	2
	10	—	—	—	—	2	0,4	2
	12	1	—	—	—	1	0,4	2
	21	1	—	—	—	—	—	—
XX.		19	18	18	17	16	17,6	90
	1	4	1	1	—	2	1,6	8
	2	1	3	3	3	4	2,8	15
	3	3	2	1	4	2	2,4	12
	4	2	—	3	5	1	2,2	11
	5	1	2	1	1	2	1,4	7
	6	3	3	1	—	1	1,6	8

Jahrring.	Markstrahlhöhe.	Anzahl der Markstrahlen auf dem Gesichtsfelde.					Mittel.	Anzahl der Markstr. auf 1 □mm
	7	1	3	2	—	—	1,2	6
	8	—	—	1	1	1	0,6	3
	9	—	—	—	1	—	0,2	1
	10	1	1	1	—	1	0,8	4
	11	—	—	1	1	—	0,2	1
XL.		17	16	16	15	15	15 8	80
	1	3	—	1	—	—	0,8	5
	2	4	3	2	2	2	2.6	15
	3	2	3	3	3	1	2,4	14
	4	—	3	1	4	2	2.0	12
	5	—	1	2	—	2	1,0	6
	6	1	1	—	1	—	0 6	3
	7	2	1	1	2	—	1,2	7
	8	1	1	1	—	1	0,8	5
	9—18	10,15	—	11	18	9,13	—	—

LXII.		22	20	20	18	18	18	17	17	17	17	18,4	94
	1	5	—	5	—	—	2	1	2	4	4	2 3	12
	2	3	7	4	6	6	4	5	5	2	2	4,4	22
	3	4	4	4	3	3	3	3	—	4	5	3,3	17
	4	3	1	—	—	4	1	2	—	2	1	1,4	7
	5	—	1	1	1	—	2	3	5	1	—	1 4	7
	6	2	1	—	2	1	2	3	—	1	1	1,3	7
	7	—	1	1	—	1	1	—	—	1	—	0,5	3
	8	—	—	1	2	—	—	—	—	—	1	0,4	2
	9	1	—	—	1	—	—	—	1	—	—	0,3	2
	10—12	—	10	—	—	—	—	—	10,12	—	—	10 : 0,2	1

Taxineae.

4. *Taxus baccata L.*

Durchmesser des Stammquerschnitts 45 mm; 39 Jahrringe.

Jahrring.	Markstrahlhöhe.	Anzahl der Markstrahlen auf dem Gesichtsfelde.										Mittel.	Anzahl d. Markstr. auf 1 □mm.
I.		30	30	29	29	28	—	—	—	—	—	29,2	149
	1	8	7	10	11	5	—	—	—	—	—	8,2	44
	2	12	12	8	12	14	—	—	—	—	—	11,6	60
	3	3	1	3	1	4	—	—	—	—	—	2,4	12
	4	1	1	1	—	1	—	—	—	—	—	0,8	4
	5	4	2	1	1	—	—	—	—	—	—	1,6	8
	6—8	—	6	—	—	8	—	—	—	—	—	—	—

Jahr-ring.	Markstrahl-höhe.	Anzahl der Markstrahlen auf dem Gesichtsfelde.										Mittel.	Anzahl d. Markstr. auf 1 □mm
V.		18	17	16	16	16	—	—	—	—	—	16,6	84
	1	6	—	—	3	—	—	—	—	—	—	1,8	9
	2	4	6	5	6	6	—	—	—	—	—	5,4	30
	3	2	2	2	3	2	—	—	—	—	—	2,2	12
	4	1	4	1	1	1	—	—	—	—	—	1,6	8
	5	3	—	2	—	2	—	—	—	—	—	1,4	7
	6	—	1	1	—	—	—	—	—	—	—	0,4	2
	7	—	1	1	1	—	—	—	—	—	—	0 6	3
	8	—	—	1	1	1	—	—	—	—	—	0.6	3
X.		14	14	14	13	13	—	—	—	—	—	13,6	69
	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1	—
	2	2	2	2	—	—	—	—	—	—	—	1,2	6
	3	2	2	2	1	4	—	—	—	—	—	2,2	11
	4	1	2	—	3	2	—	—	—	—	—	1.6	8
	5	3	2	3	1	1	—	—	—	—	—	2,0	10
	6	1	2	—	3	3	—	—	—	—	—	1.8	9
	7	1	—	1	—	2	—	—	—	—	—	0,8	4
	8	—	1	1	1	—	—	—	—	—	—	0,6	3
	9	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	0.4	2
	10	1	—	1	1	—	—	—	—	—	—	0 6	3
XX.		15	14	14	13	12	12	12	12	12	11	12,7	65
	1	—	—	—	2	—	1	—	—	2	—	0,5	3
	2	2	3	—	—	2	1	—	1	2	—	1,1	6
	3	4	2	2	2	—	3	1	—	1	2	1,7	10
	4	3	1	1	—	1	1	2	1	1	—	1 1	6
	5	2	2	3	2	1	1	—	1	1	—	1,3	8
	6	1	1	2	1	1	—	1	1	1	1	1 0	6
	7	—	—	2	1	1	—	—	1	—	1	0.6	3
	8	1	—	—	1	1	—	—	2	1	—	0,6	3
	9	—	1	2	—	1	—	—	2	—	1	0,7	4
	10	1	—	—	—	—	1	1	—	—	1	0.4	2
	11	—	—	—	—	1	1	1	—	1	—	0,4	2
	12	—	—	—	1	—	—	1	—	—	1	0,3	2
	13—16	—	16	—	—	—	—	14	—	—	13	—	—
XL.		16	15	14	14	14	13	13	13	13	13	13,8	70
	1	1	1	—	—	2	—	—	—	2	1	0,7	4
	2	3	2	2	1	1	3	1	1	2	3	1,9	11
	3	1	2	—	1	1	1	1	1	—	—	0,8	5
	4	—	2	2	2	—	—	1	—	—	1	0,8	5
	5	3	1	2	1	—	1	1	—	1	1	1,1	6
	6	1	—	1	1	2	—	—	1	—	2	0,8	5
	7	2	—	2	—	2	—	—	2	1	1	1,0	6

Jahr-ring.	Markstrahl-höhe.	Anzahl der Markstrahlen auf dem Gesichtsfelde.										Mittel.	Anzahl d. Markstr. auf 1 □ mm
XL.	8	1	—	—	1	1	—	1	1	1	—	0,6	3
	9	—	2	—	2	1	1	1	1	1	—	0,9	5
	10	—	1	—	—	1	—	1	1	—	1	0,5	3
	11	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	0,2	1
	12	—	—	1	1	—	1	—	—	2	—	0,5	3
	13	—	1	—	—	—	1	—	1	1	—	0,4	2
	14	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	0,2	1
	15—21	16	—	—	15, 19	—	21	18	—	—	—	—	—

5. *Salisburia Ginkgo Salisb.*

Durchmesser des Stammquerschnitts 150 mm; 54 Jahrringe.

Jahr-ring.	Markstrahl-höhe.	Anzahl der Markstrahlen auf dem Gesichtsfelde.										Mittel.	Anzahl d. Markstr. auf 1 □ mm.
I.		19	19	18	18	16	—	—	—	—	—	18,0	92
	1	6	4	4	5	4	—	—	—	—	—	4,6	25
	2	7	10	10	9	8	—	—	—	—	—	8,8	48
	3	3	2	1	2	1	—	—	—	—	—	1,8	9
V.		14	14	14	14	13	13	13	13	12	12	13,2	67
	1	6	5	5	8	3	5	6	2	4	1	4,5	24
	2	5	7	7	2	8	6	5	8	5	8	6,1	33
	3	2	2	—	1	—	—	—	1	1	1	0,8	4
X.		14	13	13	13	12	12	12	11	10	10	12,0	61
	1	4	5	2	2	2	1	2	1	—	1	2,0	10
	2	7	6	9	6	9	8	7	5	7	6	7,0	35
	3	2	—	1	2	—	1	1	3	2	1	1,3	6
XXV.		11	11	10	10	10	10	8	8	7	7	9.2	47
	1	4	1	2	2	2	3	1	2	—	—	1,7	9
	2	3	3	4	5	4	2	2	1	3	1	2,8	15
	3	2	3	1	2	3	3	3	1	3	3	2,4	13
	4	2	2	1	—	—	—	—	1	—	1	0.7	4
	5	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	0,2	1
LIV.		9	8	7	7	7	7	7	6	6	5	6,9	35
	1	1	—	—	1	—	—	—	—	—	—	0,2	1
	2	5	3	4	3	1	2	2	1	1	1	2.3	12
	3	2	3	3	1	3	3	3	2	—	3	2.3	12
	4	1	1	—	2	2	1	1	1	4	1	1,4	7
	5	—	1	—	—	—	—	1	—	1	—	0.3	1
	6	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	0,1	—

Araucarieae.

6. *Araucaria excelsa R. Br.*

Durchmesser des Stammquerschnitts 76 mm.

Radius	Markstrahlhöhe.	Anzahl der Markstrahlen auf dem Gesichtsfelde.										Mittel.	Anzahl d. Markstr. auf 1 □mm.
0 mm		18	16	16	14	12	—	—	—	—	—	15,2	77
	1	10	10	7	9	5	—	—	—	—	—	8,2	41
	2	3	2	5	3	5	—	—	—	—	—	3,6	18
	3	2	1	—	—	—	—	—	—	—	—	0,6	3
10 mm		15	15	12	12	10	—	—	—	—	—	12,8	65
	1	5	1	1	3	2	—	—	—	—	—	2,4	13
	2	3	4	3	3	—	—	—	—	—	—	3,2	18
	3	3	4	3	2	1	—	—	—	—	—	2,6	14
	4	1	1	1	1	3	—	—	—	—	—	1,4	7
	5	1	—	2	1	1	—	—	—	—	—	1,0	5
	7	1	—	—	—	1	—	—	—	—	—	0,4	2
25 mm		12	11	10	10	10	—	—	—	—	—	10,6	54
	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,2	1
	2	5	3	2	2	2	—	—	—	—	—	2,8	16
	3	2	3	1	4	2	—	—	—	—	—	2,4	13
	4	1	1	2	1	1	—	—	—	—	—	1,2	6
	5	1	2	1	—	1	—	—	—	—	—	1,0	5
	6	1	—	2	1	1	—	—	—	—	—	1,0	5
	7	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	0,2	1
38 mm		8	8	7	7	7	7	6	6	5	5	6.6	34
	1	—	1	—	1	2	1	—	—	—	—	0,5	2
	2	3	1	3	2	—	—	2	—	—	—	1,1	6
	3	1	2	—	1	2	—	—	1	1	—	0,8	4
	4	—	1	2	—	—	2	3	—	2	1	1,1	6
	5	—	—	1	1	2	2	—	—	1	1	0,8	4
	6	—	—	—	—	1	—	—	2	—	2	0,5	2
	7	1	2	—	1	—	—	—	—	—	1	0,5	2
	8—10	10	—	—	10	—	8	—	9	8	—	0,2	1

Ueber die Blüthenwärme bei Arum italicum

von

Gregor Kraus.

Mit 2 Tafeln.

Das *Arum italicum Mill.*, der *Gichero* oder *Gigalo* der Italiener, ist bekanntlich eine durch den ganzen Süden überaus verbreitete Pflanze, die man vom März und April ab jenseits der Alpen, von Oberitalien und Toscana bis nach Sicilien, (unähnlich unserm in Laubwäldern lebenden *A. maculatum*) zumeist auf freien Plätzen, in Hecken, auf Grasflächen und Aeckern, mit ihren weissgelben Spathen weithin sichtbar, massenhaft blühen finden kann.

Es war mir eine längst bekannte Erscheinung, dass die goldgelben Kolben, wenn sie gegen Abend aus der sich aufrollenden Spatha sichtbar werden und zu duften beginnen, die Erscheinung der Selbsterwärmung in auffallendem Grade zeigen und sich, mit den Fingern berührt, geradezu heiss anfühlen.

In diesem Jahr nahm ich, bei einem mehrwöchentlichen römischen Aufenthalt, die Gelegenheit wahr, mit der Pflanze einige Versuche anzustellen, zu denen mir die sonnigen Hügel der Boschi della Farnesina (gleich hinter Ponte molle) und die ulmenbeschatteten Grasflächen der Villa Borghese, der Stadt nahe, geeignetes Material in Hülle und Fülle darboten.

Unsere Pflanze ist zwar oft genug in der bezüglichen Literatur erwähnt, keineswegs aber der Gegenstand ausführlicher Untersuchungen gewesen.

Bekanntlich hat Lamarck an dieser Pflanze im Jahre 1777 die Erwärmung der Aroideenkolben entdeckt und im Jahre 1778 im 3. Band der I. Aufl. seiner Flore françoise publicirt; auch weitere Bemerkungen in der Encyclopédie méthodique (Bd. III p. 9) unter dem Artikel Gouet (1789) hinzugefügt. Aber es ist nicht, wie Neugebauer (De calore plantarum. Dissertation, Breslau 1845, p. 10) angibt, unsere Pflanze, an der Senebier die ersten thermometrischen Bestimmungen über Blüthenwärme machte, sondern das *Arum maculatum*.

Beobachtet wurde unsere Pflanze auch von Gmelin und, wie angegeben wird, von Desfontaines und Schultes, aber nur Bertoloni und Decandolle machen

einige concrete Bemerkungen über dieselbe. Endlich hat Garreau seine bekannten Versuche über Kohlensäureexhalation an einem Topf mit *Arum italicum* ausgeführt.*)

Die spärlichen Notizen, welche die hier genannten Vorgänger über unsere Pflanze mitgetheilt haben, sollen im Folgenden an Ort und Stelle ausführlich berücksichtigt werden, zum Ausgangspunkt für neue Versuche konnten sie aber nicht dienen. Es waren vielmehr Fragen, die bei andern Aroideen eingehender bearbeitet, keineswegs abgeschlossen waren, die ich näher prüfen wollte. Es kam mir darauf an, an so überaus üppigem Materiale, den Gang der Wärmeentwicklung nach Anfang und Ende und in seinem Verlaufe in möglichst kurzen Zeiträumen zu beobachten — eine Untersuchung, zu welcher die ausserordentlich constante Lufttemperatur meines Beobachtungsortes wie geschaffen war; ferner die Beziehung der Blüthenwärme zu den verschiedenen Stadien der Blüthenentfaltung, welche Delpino beschrieben, festzustellen; endlich die relative Wärme der einzelnen Kolbenabschnitte, über welche die Angaben der Autoren verschieden lauten, zu eruiren u. s. w., um auf diese Weise eventuell einen greifbaren Anhaltspunkt über die biologische Bedeutung des seltsamen Phänomens der Selbsterwärmung zu erhalten.

Die Arum-Felder.

Meine Versuche sind im Monat März und April in Rom angestellt, wo sich, wie eingangs bemerkt, an zwei verschiedenen Standorten, einem sonnigen und einem schattigen, das Material in ausserordentlicher Menge fand.

Ich habe die Standorte zu Dutzendmalen, zu verschiedenen Tageszeiten, besucht und dabei die Erfahrung gemacht, dass die günstige Zeit für die Beobachtung die Nachmittags- oder frühen Abendstunden sind.

Kommt man am Vormittag an ein reich mit *Arum* bestandenes Feld, da findet man weitaus die Mehrzahl der Blüthenstände entweder geschlossen (dem Blühen noch nicht nahe) oder aber verblüht. Die ersteren Blüthenstände sind festgeschlossen, spitzkegelig, grün gefärbt; die letzteren haben grosse, weissgelbe, gewöhnlich faltigrunzliche, zusammenfallende oder wenigstens stellenweise durchscheinend gewordene Tüten. Die Knospen zeigen beim Anfühlen, dass der Kolben noch fest von der Spathenhülle umwickelt (nicht locker liegend) ist, die abgeblüthen Exemplare haben

*) Die Beobachtungen Dutrochet's dagegen sind nicht, wie Pfeffer in der „Physiologie" Bd. II, S. 408 angiebt, an *A. italicum*, sondern an *A. maculatum* gemacht.

kalte, oft wachsartig durchscheinend gewordene Kolben, und im Innern ein späteres der von Delpino beschriebenen Bestäubungsstadien.*) Blüthen, die eben aufgegangen wären, die duften und warme Kolben haben, sind gar nicht oder nur ganz ausnahmsweise vorhanden.

Ein ganz anderes Bild bieten die *Arum*-Felder in den Nachmittagsstunden. Kommt man um 2 oder 3 Uhr hinzu, da finden sich nur ganz wenige offen, viele aber zeigen sich bauchig aufgetrieben, die Spatha deutlich in's Weissliche übergehend, andere die spindelig oder tonnig gewordene Tüte mit einem kleinen Schlitz geöffnet, durch welchen der goldgelbe Spadix sichtbar wird und merklich zu duften beginnt. An anderen endlich sieht man zwar kaum eine leichte Anschwellung des Tütenkegels, beim Anfühlen aber merkt man, dass der Kolben im Innern sich gelockert, und offenbar die Spatha sich aufzublähen und abzurollen anschickt.

Am späten Nachmittag aber, um 4 oder 5 Uhr oder am Abend 6 Uhr, steht Alles in voller Blüthe. Schon von Ferne sieht man die weissgelben, breit segelartig aufgestellten Tüten leuchten und daraus die goldgelben Kolben hervorstehen; ein starker Duft — anfänglich angenehm und keineswegs von der urinösen Art, wie etwas später — verbreitet sich weithin durch die Luft. Jetzt kann man, von Pflanze zu Pflanze schreitend, an jedem einzelnen Kolben, wie schon Lamarck sich bezeichnend ausdrückt, mit den Fingern eine brennende Wärme spüren. Es ist wahr, es giebt einzelne Kolben, die nicht warm sind — sie sind aber äusserst selten und nach meiner Erfahrung als physiologische Missbildungen anzusehen, etwa so, wie man morphologische Missbildungen z. B. mit Staminodien besetzte Kolbenenden findet.

Macht man jetzt eine Blüthe auf, dann stehen die Staminodialhaare am Eingang des Kegels straff und strahlig auseinander, die Staubgefässe sind fertig, prall gespannt, noch geschlossen, die Fruchtknoten aber mit strahlenden Haarschöpfchen bedeckt, empfängnissfähig. Die protogyne Blüthe befindet sich im ersten Bestäubungsstadium (Delpino). —

Am andern Morgen sind die Pflanzen verblüht. Aeusserlich sieht man mitunter keinen rechten Unterschied; sie sind anscheinend so frisch als gestern, meist aber sind die Spathen heller, mehr oder wenig faltig, manchmal geradezu zusammengefallen. Eine auffallende Erscheinung ist auch, dass das Gewebe öfter durchscheinend ist, gerade so, wie wenn es durch Hitze gelitten hätte. Macht man aber eine Blume

*) Wir kommen unten auf den Bestäubungsmechanismus des *Arum* zurück; hier sei einstweilen daran erinnert, dass Hildebrand über die Delpino'schen Beobachtungen in der Bot. Ztg. 1870 S. 589 ff. referirt hat.

auf, dann stehen auf den Fruchtknoten Tröpfchen. Die Narbenhaare sind meist ganz oder wenigstens theilweise verschwunden — die Antheren noch geschlossen — es ist bereits das zweite Bestäubungsstadium eingetreten; dem im Laufe des Vormittags mit Aufspringen der Antheren und Welken der Sperrhaare dass dritte und vierte auf dem Fusse folgt. Jetzt sind alle Kolben kalt und die nun folgenden Veränderungen in der Blüthe können uns nicht interessiren; denn Blüthenwärme kehrt nicht mehr wieder.

Diese meine Beobachtungen über die Zeit der Erwärmung des Kolbens scheinen, nach den vorhandenen Beobachtungen Anderer zu schliessen, auf Allgemeingültigkeit Anspruch machen zu dürfen. A. Bertoloni (Praelectiones rei herbariae. Bononiae 1827, § 365, p. 118) sagt: „quod quidem (nemlich incalescere spadice suo Arum italicum) nos quoque pluries experti sumus inter quartam, et sextam vesperascentis diei horam".*) Von den Exemplaren, die Decandolle in Montpellier beobachtete, sagt er (Phys. végét. Tome II, p. 551—552): „la chaleur commence vers trois heures de l'après-midi, atteint son maximum vers cinq heures et cesse à sept-heures. — Garreau hat in Lille Topfpflanzen beobachtet und sagt, er habe seine Kolben vorgenommen „aussitôt qu'un spadice commençait à montrer un degré de chaleur un peu supérieur à celui de l'air ambiant" (Ann. scienc. nat. Sér. III, Tome XVI, p. 252); wie seine Tabellen erweisen, hat er aber um 2^{30}, um 3^{30} und um 4 Uhr Nachmitttags zu beobachten begonnen. Die Beobachtung von Vrolick und de Vriese an unserer Pflanze (Ann. scienc. nat. Sér. II, Tome XI, p. 67) ist zu unvollkommen um einen Schluss zu erlauben; Saussure's negatives Resultat an *Arum italicum* (Ann. de chimie et phys. par Gay-Lussac et Arago Tome XXI, Paris 1822, p. 286) entzieht sich, bei dem Mangel näherer Angaben der Umstände, jeder Discussion.

Beobachtungsmethode.

So leicht es demnach auch ist, im Freien die Erwärmung des Kolbens festzustellen, so wenig ist es möglich — darin stimmen die Beobachter alle, von den ältesten an, überein — eine geregelte Untersuchung über dieselbe in freier Natur selbst zu machen.

Zu diesem Behufe nahm ich daher an demselben Tage oder auch Tags vorher kräftige, Entwicklung versprechende Kolben mit nach Hause. Da halten sich dieselben in Wasser stehend (sogar mehrere Tage) frisch und entwickeln sich zur

*) Gärtner (a. a. O. S. 160) schreibt fehlerhaft *Bartolini* (Neugebauer ebenso fehlerhaft *Bertolini*) und behauptet unbegreiflicher Weise *Bertoloni* spreche von 4 — 6 Uhr italienischer Zeit, was unserer Zeit von 10—12 Uhr Vormittags entspräche!

vollen Blüthe. Das Zimmer, in welchem meine Beobachtungen gemacht wurden, war luftig und hell und hatte den überaus grossen Vortheil einer, wie man aus den Beobachtungstabellen sieht, fast constanten Temperatur, constanter wohl als sie Dutrochet hatte (Ann. scienc. nat. II. Sér. Tome XIII, p. 72—77). Sobald die Blüthenstände sich lockerten und aufzurollen versprachen, wurden sie näher beobachtet und im geeigneten Moment in Untersuchung gezogen. Vom ersten Beginn des Lockerns bis zum Entstehen eines Schlitzes in der bauchig geschwollenen Tüte vergeht oft nur eine halbe Stunde, oft dauert es auch Stunden.

Zur Beobachtung wurden die Blüthenstände aus dem Standgefäss genommen, unten mit feuchtem Filtrirpapier verbunden und frei aufgehängt. Die benutzten Thermometer waren einige vor einigen Jahren von Greiner und Geissler und einige ganz neue von deren Nachfolger Fuess in Berlin bezogene genau gleich gehende Normalthermometer. Die ersteren waren in $^1/_5$ Grade getheilt und mit kugeligen Quecksilbergefäss versehen, die letztern in $^1/_{10}$ getheilt und hatten cylindrische Gefässe. Diese waren zugleich sehr dünn und für die Beobachtungen vorzüglich geeignet.

Thermometrisch ist nun bisher die Erwärmung auf dreierlei Weise gemessen worden. Einmal und in den meisten Fällen hat man die Instrumente einseitig an die zu beobachtenden Theile angelegt. Wenn es auch völlig klar ist, dass man hierdurch nicht die ganze Wärme, sondern nur einen Theil derselben misst, dass man „hinter den wahren Werthen wahrscheinlich um mehrere Grade zurückbleibt“ (Sachs, Exp. Phys. 296), so kann diese Methode, die allein in situ und ohne Verletzung zu beobachten gestattet, ohne Bedenken da angewendet worden, wo es sich um Ermittlung des Wärmeganges oder um relative Wärmegrade handelt. Sie ist auch bei meinen Messungen überall angewendet, wo nicht ein Anderes ausdrücklich bemerkt wird.

Wo es sich um Ermittlung von Maximen, um Feststellung der absoluten Höhe der Selbsterwärmung handelt, wird man aber viel richtiger Verfahren, wenn man, wie schon Hubert gethan, eine Anzahl warmer Organe um das Thermometer gruppirt. Man erhält dann offenbar die mittlere Temperatur der Oberfläche der benutzten Organe richtiger, annähernd richtig.

Es ist endlich noch eine dritte Methode möglich, gegen welche aber gegründete Bedenken vorliegen, die: das Thermometer in die Substanz der Organe selbst zu senken. Das ist nur unter Verletzung des Organs möglich; auch wird hierdurch eventuell die Temperatur des Inneren, die von der Oberfläche abweichen kann, festgestellt.

Mit dünnen Gummiringen lassen sich die Thermometer fest und doch ohne Verletzung des Kolbens an die Theile desselben beliebig anlegen. Einmal angelegt, bleiben dieselben während der ganzen Beobachtung unverrückt liegen. Die Gründe, welche ein unverrücktes Liegenbleiben der Thermometer erheischen, werden unten auseinander gesetzt werden. Die Anlegung war natürlich nur möglich, indem man den Kolben etwas aus der Tüte herausbog; derselbe reponirte sich dann wieder intact und stand während der Beobachtung in der unverletzten Spatha, wie im natürlichen Zustand. Unmittelbar neben die Spatha wurde, frei, ein zweites Thermometer zur Ablesung der Lufttemperatur gehängt. Die Kolben fanden sich also nicht in einem vor Transpiration schützenden Raum, sondern frei in der Luft.

In dem Moment, wo das Thermometer angelegt wird, steigt es allemal höher als die umgebende Luft. Auch wenn es an einen Kolben angelegt wurde, der kälter als die umgebende Luft war, stieg es immer etliche Grade über die der Luft. Beispielsweise bei 16—18° Lufttemperatur auf einige 20°. Ohne Zweifel wird dieser Stand durch die, wenn auch noch so kurze, Manipulation mit der Hand hervorgerufen; denn fast in dem Moment wo die Temperatur abgelesen war, fing auch die Säule zu sinken an und sank dann rastlos unter die Luftwärme.

Ist der Kolben sehr warm, da sieht man nach dem Anlegen die Quecksilbersäule momentan schon bei 22 bis 25° stehen und nun unter den Augen innerhalb der Grenzen einer Minute in die höheren Grade der 20 schiessen. Erst dann geht dieselbe langsam, wenn auch noch leicht mit dem Blick erfolgbar, dem definitiven Wärmepunkt nahe*).

Ist die Erwärmung des Kolbens noch eine geringe, wie es ja bei den Untersuchungen vielfach erwünscht und erstrebt war, da tritt regelmässig eine Erscheinung auf, deren Erklärung mir sehr nahe zu liegen scheint. Wie aus den Tabellen, z. B. n. 7, zu ersehen, geht das Quecksilber nach Anlegung des Thermometers zunächst in die Höhe, dann aber wieder regelmässig eine Zeitlang rückwärts. Einmal mag die Temperatur durch die Berührung mit der Hand über die natürliche Höhe gekommen und zunächst auszugleichen sein, anderntheils scheint es mir nicht unmöglich, dass das Thermometer, kälter als der Kolben, zunächst zwar die höhere

*) Da an den feinen Thermometern ein Grad ungefähr den Raum von 4 Millimetern einnimmt, und 4—5 Grade oft sehr rasch durchlaufen werden, so ist der Ausdruck „das Quecksilber schiesst in die Höhe" geradezu wörtlich richtig. In einem Fall z. B., am 15. April, ging die Quecksilbersäule innerhalb einer Minute von 22 auf 27°; der durchmessene Raum betrug in dem Falle 65 mm, also in der Secunde mehr als 1 mm.

Temperatur des Kolbens annehme, später aber seinerseits erkältend auf die anliegende Stelle des Kolbens wirke.

Wie die Tabellen erweisen, ist das Thermometer aber auch späterhin kaum in Ruhe; auch bei stundenlangen Beobachtungsreihen bewegt es sich in der kurzen Zeit von einer oder einigen Minuten entweder auf- oder abwärts. Nur selten, z. B. dem Maximum nahe in Tabelle 2 (Versuch vom 25. März), hält die Temperatur eine halbe und ganze Stunde etwa constant.

Unter diesen Verhältnissen wüsste ich nicht abzusehen, wie man bei unserer Pflanze durch Anlegen und Wiederentfernen des Instruments sollte brauchbare Zahlen erhalten. Es scheint mir mindestens für *Arum italicum* unumgänglich nöthig, mit fixem Instrument zu beobachten. Aber auch für andere *Aroideen* mag vielleicht ein gleiches Verfahren unumgänglich sein; manche widersprechende Angaben der Autoren mögen sich vielleicht auf diese Weise erklären. Leider aber bemerken, wenigstens die älteren, Beobachter nur selten über diesen Punkt ihrer Versuchsanstellung etwas Genaueres.

Der Wärmegang in der Blüthe.

Die Wärmeentwicklung beginnt mit dem Aufrollen des Blüthenstandes. So oft ich auch junge noch spitzkegelige Blüthenstände, in denen der Kolben noch fest eingerollt ist, auf Wärme untersuchte — es geschah immer vergeblich. Immer erst mit dem kräftigen Aufblähen der Spatha (oft freilich schon bevor die Ränder derselben auseinander weichen) zeigt das angelegte Thermometer Temperaturerhöhung. Da nun, wie früher bemerkt, die weitaus grösste Mehrzahl der Kolben sich in den späteren Nachmittags- oder frühen Abendstunden öffnet, so findet sich auch an diese Stunden der Anfang der Wärmeentwicklung geknüpft. Rollt sich ein Kolben erst am Morgen auf, dann beginnt seine Wärmeepoche auch erst am Morgen. Davon giebt Tabelle 3 und Tafel II u. IV ein sehr lehrreiches Beispiel.

Während des Aufrollens kann der eigentliche Beginn eines Wärmeüberschusses etwas verschieden auftreten. Es giebt Kolben, die im Bauchigwerden begriffen bei Anlegung des Thermometers noch kalt sind, andere und die Mehrzahl zeigen um diese Zeit bereits einen Ueberschuss von ein oder einigen Graden.

Sobald die Temperatur am Kolben zu steigen angehoben hat, bleibt sie darin begriffen; Schwankungen, wie sie in Mitte und Ende der Wärmeperiode vorkommen, habe ich nie wahrgenommen. Das Steigen geschieht, wie man aus den Versuchs-

tabellen 1 und 2 ersieht, erst langsamer, dann rascher, um lange bevor die Wärme ihr Maximum erreicht, wieder langsamer zu werden. Im besten Falle konnte ich ein Steigen von mehr als $^1/_{10}{}^0$ per Minute constatiren. Wellenbewegungen im ansteigenden Curvenast, wie in Tabelle 2 sind im Ganzen selten, man sieht die Temperatur meist schnurgerade in die Höhe gehen.

Das Ansteigen hält 3 — 4 Stunden an (vgl. Tabelle 27. März und 19. April; sowie 25. März) und so wird allmählich in meinen Fällen zwischen 6 und $8^1/_2$ Uhr das Maximum der Selbsterwärmung erreicht. Decandolle giebt, wie oben bemerkt, das Maximum um 5 Uhr an; Garreau fand es (a. a. O. p. 253—254) in seinen drei Fällen um 5, 7 und $7^1/_2$ Uhr.

In der Nähe des Maximums hält sich die Temperatur verhältnissmässig ziemlich lange, in meinen Fällen 1—2 Stunden und in diese Zeit fällt oft ein Stadium sehr ausgeprägter Oscillation. Man vergleiche die Curve Taf. I n. I. Es sind innerhalb Minuten sich vollziehende Auf- und Abzuckungen des Quecksilbers, die in der absolut constanten Lufttemperatur keinen erklärenden Anhalt finden und aus inneren Ursachen entstehen müssen. Auch gegen das Ende der Wärmeperiode kommen diese Oscillationen vor, wie aus Taf. II n. I zu ersehen. Auch hier bei absolut constanter Temperatur. Ein sehr auffallendes Beispiel solcher Oscillationen im absteigenden Ast der Wärmecurve habe ich in Tabelle 8 vom 19. April verzeichnet. Man beachte, dass die Lufttemperatur von wunderbarer Constanz ist.

Das Ende der Wärmeperiode trat in meinen Beobachtungen einmal (Tabelle 1 vom 24. März) schon um Mitternacht ein; in den übrigen Fällen ist die Wärme (der Ueberschuss) erst gegen Morgen erloschen (Tabelle n. 6 vom 27. März und n. 8 vom 19. April). Mag in dieser Beziehung eben so sehr als in der Zeit des Anfangs, in der Lage des Maximums u. s. w. eine grosse individuelle Freiheit herrschen: die Regel dürfte, wie auch aus den oben angeführten Beobachtungen Anderer hervorgeht, bleiben, dass die Wärmeperiode am Nachmittag einsetzt und sich innerhalb weniger Stunden zu Ende vollzieht.

Ich habe schon oben darauf hingedeutet, dass ich einmal einen Kolben Morgens warm werden und seine Periode vollenden sah. Tabelle n. 3 giebt dieselbe. Der ganze Gang verläuft so aussergewöhnlich rasch, dass man unwillkührlich den Eindruck erhält, als handle es sich hier um eine nachgeholte Verspätung. Der Wärmegang einer Blüthe, welche erst gegen Mitternacht sich öffnet und gegen den Morgen hin ihr Maximum erreicht, und dann rasch erkaltet, ist unterm 17. April (Tabelle 9) beobachtet.

Die Blüthen, deren Wärmeperiode in den angehängten Tabellen verzeichnet ist, wurden nun auch den folgenden Tag noch beobachtet; aber in keinem Falle trat die geringste Wiedererwärmung ein, ebenso wenig, als dieselben den verschwundenen Geruch wieder bekamen. Ich habe ferner Dutzende von Blüthen, die eben lebhaft rochen und für Berührung zweifellos heiss waren, aus dem Freien mitgenommen und constatirt, dass anderntags Geruch und Wärme für immer verschwunden waren. — Wenn ich am Abend *Arum*felder durchschritt, suchte ich wiederholt alle Blüthen aus, welche scheinbar in vollster Entwicklung, d. h. freiragende, frisch aussehende Spathen, aber kalte Kolben hatten — es zeigte sich ausnahmslos, dass bei ihnen die Narben bereits verblüht, und gewöhnlich der Pollen entleert war. — Alles dies zusammengenommen drängt zu dem Schluss, dass die Blüthenerwärmung an das erste Stadium der Blüthenentfaltung gebunden, mit ihm erscheint und ebensowenig wiederkehrt, als eine neue Entfaltung derselben Blüthe. Die Wärmeperiode von *Arum italicum* ist, um mich in der üblichen physiologischen Terminologie auszudrücken, nur eine „grosse", nicht eine „tägliche".

Schon Lamarck sagt in seiner ersten „Observation": „Cet état (der Erwärmung nämlich) ne dure que quelques heures". Decandolle bemerkt a. a. O. ausdrücklich: „j'ai vu que cette chaleur n'a lieu qu'une fois pour chaque chaton".

Diese Thatsache verdient um so mehr die Beachtung, als bei dem nah verwandten *Arum maculatum*, dessen Bestäubungsmechanismus noch dazu ganz der gleiche ist, nach Dutrochet's Beobachtungen (a. a. O. Tabellen p. 72—77) die Erwärmung zweifellos mehrere Tage wiederkehrt.

Schliesslich möge — es will mir allerdings fast überflüssig erscheinen — noch darauf hingedeutet sein, dass die „Periode" der Selbsterwärmung von äussern Verhältnissen unabhängig ist. Ein Blick auf den Temperaturverlauf der Luft genügt, um zu zeigen, dass sie bei nahe constanter Aussentemperatur zu Stande zu kommen vermag. Dass Licht und Dunkelheit für unsern Periodengang gleichgültig sind, ergiebt sich, wenn man bemerkt, wie die constant zwischen 6 und 7 Uhr eintretende Nacht auf den Verlauf der Periode sichtlich ohne Einfluss ist.

Einzelheiten.

a) Die absolute Höhe der Erwärmung.

Garreau hat (a. a. O. p. 253—255) als Maximum der Erwärmung am Kolben 8,3, ferner 9,8, endlich 10,2° C gefunden, giebt aber ausdrücklich an, dass er auch

Ueberschüsse von 15 und 17° C beobachtet habe. Das Quecksilbergefäss lag am bauchigen Theil des Kolbens (partie renflée) einseitig an — unter Glocke.

Ich habe — in freier Zimmerluft — mit einseitig angelegtem Thermometer ganz ähnliche Zahlen erhalten. So z. B. am 24. März 13,25° C, am 25. März 12,15° C, am 19. April 16,1° C (vgl. Tabellen). Ausserdem habe ich beispielsweise am 22. März Abends 5¾ Uhr einen Ueberschuss von 12,5 erhalten und am 16. April notirt: Lufttemperatur 17,4, Kolbentemp. 35,0, also Differenz 17,6° C.

Ganz andere Zahlen erhielt ich aber, wenn ich eine grössere Anzahl warmer Kolben zur Zeit, wo ich ihr Wärmemaximum vermuthen durfte, um das Quecksilbergefäss band. So ergaben z. B. 2 Kolben bei Lufttemp. 17,8 einen Thermometerstand von 38,4 — Differenz demnach 20,6°.

Als ich am 16. April Abends 6 Uhr 5 warme Kolben benutzte, erhielt ich

Temp. Luft 17,7
Temp. Kolben 44,7
Wärmeüberschuss 27,0° C.

Am 28. März hatte ich bei 2 Versuchen Abends 6½ Uhr erhalten: 4 Stück Kolben ergaben in 10 Minuten 40,7° C bei 16° Lufttemperatur, also Wärmeüberschuss 24,7° C.

4 andere Kolben ergaben in 5 Minuten 43,7° C, also einen Wärmeüberschuss von 27,7° C (die Temperatur sank nach einigen Minuten ganz langsam).

Der höchste beobachtete Thermometerstand war demnach 44,7° C. — Hubert hat bekanntlich einmal 49½° bei *Colocasia odora* mit 12 Kolben gefunden — die höchste überhaupt beobachtete Selbsterwärmung; im übrigen auch niederere Temperaturen (42—45°) erhalten. J. Erikson (Unters. aus dem bot. Institut in Tübingen I, 1, S. 124) hat an 100 Kolben von *Arum maculatum* höchstens 41,7° gefunden (der Ueberschuss betrug aber nur 16,7°).

Man beachte, dass diese Temperatur bis an die bekannte Grenztemperatur lebender Zellen heranreicht. Hubert erzählt (Bory de St. Vincent, Voyage dans les quatre princ. îles des mers d'Afrique T. II, p. 76): „Des spadices plongés pendant neuf minutes dans de l'eau chauffée à 41°, ont, après en avoir été retirés, élevé le thermomètre à 34°; de l'eau plus chaude a fletri pour toujours les spadices".

Der grösste erzielte Wärmeüberschuss beträgt 27,7°. Hubert hat wahrscheinlich einen solchen von 30½° erhalten. Ich sage wahrscheinlich; denn er giebt zu der Maximaltemperatur am Kolben von 49½° die correspondirende Lufttemperatur nicht an (Bory a. a. O. p. 69); sondern sagt nur, dass er „un quart heure

avant le lever du soleil" beobachtet habe. Ein oder mehrere Tage vorher hat er aber bei Sonnenaufgang den Thermometerstand zu 19° angegeben (a. a. O.)*).

Eine Bemerkung, die bereits Hubert gemacht, nämlich, dass kleinere Kolben mindere Wärme zeigen (a. a. O. p. 69), habe ich auch für *Arum italicum* gemacht: 6 kleine Kolben derselben sonstigen Entwicklungsstufe und äusserlich heiss, wie andere, ergaben (19. April Abends 8 Uhr) bei 17,9° Luftwärme nur 37,0°, also 19,1° Ueberschuss. — Uebrigens meint schon Lamarck (Encycl. méth. III, 9), dass die *Aroideen*wärme mehr oder weniger markirt sei „selon l'épaisseur plus ou moins grande de leur chaton".

b) Die Antherenwärme.

Während die älteren Beobachter vielfach angeben, dass sie an den männlichen Organen der Pflanzen den Hauptsitz der Wärme gefunden, so z. B. Göppert für *Arum Dracunculus* (Ueber Wärmeentwicklung etc. Ein Vortrag. Wien 1832 S. 25); C. H. Schultz (Natur. d. leb. Pfl. II, 185) u. A.;**) haben die genaueren und ausführlichen späteren Arbeiten von Dutrochet an *Arum maculatum* (Ann. scienc. nat. Bot. Sér. II. Tome XIII p. 70 ss.), von Vrolick und de Vriese an *Colocasia odora* (Ann. scienc. nat. Bot. Sér. II. Tome V p. 242 ss.) ähnlich, wie bereits Hubert (Bory a. a. O. p. 71) u. A. ausnahmslos gefunden, dass die über Antheren und Fruchtknoten gelegene Keule der Ort grösserer Selbsterwärmung ist.

Und so stellt es sich auch für *Arum italicum* nach meinen Beobachtungen heraus. Ich hatte zunächst die Frage in's Auge gefasst, ob die Antheren vielleicht früher als die Keule, etwa vor Eröffnung der Blüthe eine Selbsterwärmung zeigen, oder, nachdem die Periode der Selbsterwärmung am Kolben erloschen, noch etwas Besonderes darbieten. Allein ich habe in den beiden Fällen, trotz zahlreicher Versuche, nur Negatives erfahren: vor Eröffnung der Blüthe und nach der Kolbenperiode sind die Antheren kalt. Dagegen zeigen dieselben zur Zeit der Erwärmung der Keule gewöhnlich Temperaturerhöhung. Dieselbe ist aber stets gering; ich habe im

*) Ich hebe den dubiösen Character dieser Zahl hervor, weil sie in den Handbüchern (Sachs Exp. phys. p. 296; Pfeffer, Handbuch der Pfl. Phys. Bd. II 1881, S. 404) überall als grösster Wärmegrad figurirt. Das übliche Fragezeichen hinter derselben bezieht sich auf C oder R°; in einem Buche, das nach den Jahren der französischen Republik rechnet, wie die Reisebeschreibung von Bory, scheint mir die hunderttheilige Skala wahrscheinlicher. Hoppe (a. a. O. S. 207) hat bereits eine diesbezügliche Bemerkung gemacht.

**) Wenn, wie Saussure gefunden (Ann. chim. et phys. Tome XXI, 1822, p. 287—288), die Antheren (von *A. maculatum*) mehr Sauerstoff verbrauchen, als die Keule, so folgt daraus noch keineswegs, dass sie sich auch viel mehr erwärmen müssen als diese.

besten Fall nicht einmal 5° Ueberschuss gefunden. Das kommt sehr genau mit dem überein, was Dutrochet für *Arum maculatum* gefunden hat (vgl. die Tabelle in Sachs, Exp. Phys. S. 294). Die Tabelle vom 17. April zeigt:

1. Dass auch die Antherenwärme einen deutlichen Periodengang hat.
2. Dass dieser, entsprechend seiner geringern Intensität, später einsetzt und früher aufhört, als der Periodengang der Keule.

An demselben Tage zeigte eine zweite Blüthe ganz analoges Verhalten. —

Zu diesem Verhalten von Antheren und Keule bei *Arum italicum* steht das bei *Colocasia odora*, wie es van Beek und Bergsma schildern*), im Gegensatz. Bei dieser Pflanze haben die Antheren einen grossen Periodengang, der sich zum grossen Theil vor der Pollenentleerung abspielt und der nachträglich gewissermassen aufgenommen und in täglichen Perioden fortgesetzt wird von der Keule. Die Autoren fassen ihre Beobachtungen p. 11—12 folgender Maassen zusammen:

1. Le dégagement de chaleur dans les fleurs de *Colocasia odora* a lieu sur toute la surface visible du spadice, quoiqu' avec une intensité différente dans ses diverses parties.
2. Après l'épanouissement de la spathe, un dégagement considérable de chaleur a lieu dans les fleurs mâles, qui acquièrent une très haute température, de beaucoup plus élevée que celle que l'on observe à cette époque dans les autres parties supérieures du spadice.
3. Vers l'époque de l'émission du pollen, une augmentation considérable de chaleur se manifeste subitement dans les fleurs mâles avortées, qui forment le cône charnu ou glanduleux du spadice, tandis que la température des fleurs mâles diminue constamment et approche de plus en plus de celle de l'atmosphère. Le dégagement de chaleur de cette partie constitue une seule période de plusieurs jours, celui des fleurs mâles avortées au contraire, offre plusieurs périodes distinctes et journalières, jusqu'au dépérissement de cette partie.

An den Fruchtknoten aber habe ich entweder gar keine, an andern nur ganz geringe Temperaturerhöhung finden können; dessgleichen konnte ich auch, wenn ich das Thermometer in die unverletzte Blüthe bis in den Spathenkessel einsenkte (also bis auf den Grund des Blüthenstandes) keine oder nur eine überaus geringe (demnach sehr problematische) Temperaturdifferenz finden.

---

*) Zum Theil schon von Brongniart (Nouv. Ann. du Mus. d'Hist. nat. t. III, p. 7—8 des Sep. Abdr.).

Ich will einige Beispiele anführen:

Am 18. April erhielt ich an einem ganz frisch gepflückten Kolben, nachdem die Thermometer (gleichzeitig angelegt) sich ausgeglichen (3 Uhr):

	Luftt.°	Kolbent.°	Staubgeft.°	Fruchtknotent.°
	18,4	26,4	21,3	19,4
15 Minuten später	„	27,2	20,7	19,3
Weitere 15 Minuten	„	27,8	19,2	18,8

Am 13. April, Abends 9 Uhr:

	Luftt.°	Kolbent.°	Tubusgrundt.°
	16,0	20,3	15,5
Am 15. April, Abends 6 Uhr, nach längerm Ausgleich:			
	18,8	30,2	18,5
Am nämlichen Tage:			
Abends 9^{45}	17,4	30,0	18,2
Nachts 12 Uhr	17,4	20,2	18,0
Früh 7 Uhr (164)	17,4	16,2	17,5

Das war selbst bei Blüthen der Fall, die im Moment eine sehr hohe Keulentemperatur hatten. — Dieses Factum scheint mir einen Fingerzeig zu geben für die sonst absolut unerklärliche Thatsache, dass manche frühere Beobachter keine Selbsterwärmung finden konnten. So z. B. Treviranus. Derselbe sagt (Zeitschr. f. Physiologie von F. Tiedemann u. Treviranus III. Bd., Darmstadt 1829, S. 267), dass er die Temperaturerhöhung versucht habe zu finden „durch Einsenkung der Kugel eines sehr empfindlichen Thermometers in den untern tütenförmigen Theil der Scheide“. Dass er unter diesen Verhältnissen keine oder nur Temperaturunterschiede von höchstens „einem halben Grade oder Grade“ finden konnte, halte ich für sehr natürlich.

Ich will nun eine Anzahl meiner Versuche aufzählen:

Am 26. März zeigt ein eben aufgeblühter d. h. eben erst mit einem Schlitz sich öffnender Blüthenstand, an dem Kolben und Antheren durch halbseitiges Wegschneiden der Spatha freigelegt waren, 5 Minuten nach Anlegung der Thermometer

Zeit.	Luftt. °	Antherent. °	Kolbent. °
—	16.8	19,2 (2,4)	26,0 (9,2)
3 Minuten später	„	18,8	26,4
5 Minuten später	„	18,3	27,0
5 Minuten später	16.6	17,8	27,3
10 Minuten später	„	17,4	27,8
15 Minuten später	„	17,4	28,6
2 Stunden später	16,5	17,4	26,2

Am nämlichen Tag, um 4 Uhr aus dem Freien entnommene Blüthe, 6 Uhr voll offen; Keule in der Spatha, Staubgefässe durch einen Ausschnitt am Spathenkessel frei gelegt. 10 Minuten nach Anlegen der Thermometer:

Luftt.°	Kolbent.°	Staubgef.t.°
16,8	22,6	19,1

Am 15. April, blühender frischer Blüthenstand, unverletzt; erst nachträglich wurde constatirt, dass das in den Grund der Blüthe geschobene Messinstrument den Staubgefässen genau anlag. — Einige Zeit nach der Anlegung der Thermometer:

Zeit.	Luftt.°	Kolbent.°	Antherent.°
6^{15}	18,5	27,3	19,6 (1,1)
6^{25}	18,2	27,3	19,2 (1,0)
6^{30}	18,8	27,8	„ (0,4)
6^{33}	„	28,2	„ (0,4)
6^{42}	„	29,3	19,3 (0,5)
7^{0}	„	31,7	19,6 (0,8)
7^{2}	„	31,9	19,6 (0,8)
7^{4}	„	32,1	19,5 (0,7)
7^{40}	„	33,2	18,3 (0,5)
7^{45}	„	32,6	19,2 (0,4)
8^{0}	„	31,5	18,9 (0,1)
8^{15}	„	30,0	18,0 (—0,8)

Am nämlichen Tag erhielt ich bei constanter Lufttemperatur (17,5°), an drei verschiedenen frischen Blüthen, Abends 5½ Uhr:

	Kolbent.°	Antherent.°
1.	26,2	22,2 (4,7)
2.	27,0	21,4 (3,9)
3.	30,0	21,8 (4,3)

Am 12. und 13. April notire ich noch folgende in gleicher Weise erhaltene Zahlen. Von vier verschiedenen Blüthen:

	Luftt.°	Kolbent.°	Antherent.°
1.	16,2	19,8	18,0
2.	16,8	31,3	18,6
3.	16,0	20,4	15,6
4.	16,0	23,7	17,5

Am 14. April früh 7 Uhr, ein sich eben aufrollender Blüthenstand:

Zeit.	Luftt.°	Kolbent.°	Antherent.°
7^{50}	16,7	19,6	.
8	16,8	18,7	15,5

c) Die Keule oben und unten.

Dutrochet giebt an (a. a. O. p. 71), dass er in der Mitte der *Arum*-Keule einen Temperaturüberschuss von 7,78°, an der Stelle des Kolbens aber, wo er die Fruchtknoten trägt, zur gleichen Zeit nur 1,40; demnach eine Differenz von 6,41° innerhalb desselben Organs gefunden habe. Sonst ist meines Wissens nur noch eine Angabe von Vrolik und de Vriese (a. a. O. 1836 p. 139) vorhanden, dass nämlich einmal (an ihrem 3. Kolben) zur Zeit, wo die Temperatur oben und aussen an der Keule 10° Ueberschuss zeigte (vgl. die Tabelle derselben p. 145 unter 13. Mai 2^{pm}) „la température de la base du spadice était 6,6° cent. plus basse". Sie knüpfen daran noch folgende Bemerkung: „Dans les autres parties plus basses du spadice, on ne pouvait pas observer d'élévation ni d'abaissement égaux comme on peut encore le voir par les tables. Nous n'hésitons pas à tirer de ce premier phénomène une conséquence sur le siege de la chaleur; pour nous servir de ce terme.*)"

Ich war gleich bei meinen ersten Versuchen aufmerksam geworden, dass die obere und untere Partie der Keule selbst, die Spitze und der Theil, welcher dem Stiel nahe ist, wie dieser letztere selbst, durchaus nicht gleiche Temperatur zeigen. So fand ich z. B. am 20. März, Abends:

	Luft.	Keule oben.	Keule unten.	Stiel.
	16,7	31,5	24,0	21,5
Am 21. März an einem andern Kolben:				
	17,8	26,1	25,8	20,0
nur ½ Stunde später an demselben:				
	17,2	26,3	25,5	19,0

Es stellte sich also hier ein ähnliches Verhalten heraus, wie das, welches Dutrochet und Vrolik und de Vriese beobachtet. Es schien mir aber von Interesse den vollständigen Gang der Temperatur an den Keulentheilen kennen zu lernen.**) Die Tabellen n. 5, 6 und 7 und Tafel I lehren ihn.

*) Nach Sachs (Exp. Phys. 296) möchte es scheinen, als ob die Genannten noch andere Zahlen über diese Differenzen zwischen oberen und unteren Kolbentheilen angeführt hätten. Das ist aber nicht der Eall. Die Angabe von Sachs ist nicht richtig und beruht auf einer Verwechslung; die von ihm hervorgehobenen Zahlen sind von den beiden Forschern angeführt nicht für obere und untere Partien des Kolbens, sondern für innere und äussere, Oberfläche und Parenchym („chaleur intérieure et extérieure").

**) Van Beek und Bergsma (a. a. O. p. 12. Anm. 1) machen gegen die Methode, die Temperatur übereinander liegender Kolbentheile durch angelegte Thermometer zu messen, einen scheinbar sehr gegründeten Einwurf. Sie sagen: „Il nous paraît fort naturel, que des thermomètres mis en contact avec le spadice, aient indiqué des températures croissantes depuis la base jusqu'au sommet du cône; parce que les thermomètres supérieures furent exposés non seulement à la haute tempèrature

Wie sich aus denselben ersehen lässt, ist an der Keule

1. oben und unten ein selbstständiger Periodengang der Wärme vorhanden; die Erwärmung hebt oben zuerst an, erscheint bald darauf auch unten; im Laufe der Wärmesteigerung tritt oben das Maximum eher, als unten ein u. s. w.
2. ist in der Mehrzahl der Fälle oben die Temperatur absolut höher als unten.

Wie wir bereits früher sahen, tritt die Erwärmung der Antheren viel später ein, als die der Keule — es schreitet also bei *Arum italicum* der Regel nach die Selbsterwärmung von der Spitze des Kolbens nach der Basis desselben fort; es findet demnach hier keinenfalls die Annahme der älteren Beobachter eine Stütze, dass „der Heerd der Wärmeentwicklung" in den Sexualorganen zu suchen sei.

d) Oberfläche und Inneres.

Die Angaben von Hubert (Bory p. 69—70 und 72) und speziell die von Vrolik und de Vriese (a. a. O. 1836, p. 139 ssq.) gehen gleicher Weise dahin, dass das Kolben-Innere nicht, oder weniger warm sei, als die Oberfläche. Aus der Tabelle der Letzteren (a. a. O. p. 144—146) lässt sich ersehen, dass die Differenz zu Gunsten der Oberfläche sich gewöhnlich um etwa 1° dreht, nur selten (z. B. 13. Mai Nachmittag 1—2 Uhr) mehrere Grade erreicht.

Zweifelsohne treten bei der Untersuchungsmethode, auch wie sie von den letztgenannten Forschern angewandt wurde, von Hubert's Methode, der die Kolben schälte (a. a. O. p. 72), gar nicht zu reden, nämlich dem Anschneiden der Kolben und

de la partie du cône qu'ils touchaient, mais encore aux courans ascendans d'air chaud, provenant des parties inférieures du cône échauffé". Und führen auch einen dies bezüglichen physicalischen Versuch an.

Der Einwurf hat gewiss theoretisch seine Berechtigung und wäre bei Feststellung minimaler Temperaturdifferenzen mit in Rechnung zu ziehen. Da könnte aber auch noch manches Andere herzugezogen worden. Ebenso gut z. B. als man den erhöhenden Einfluss aufsteigender warmer Luft auf das obere Thermometer in Rechnung zieht, verdiente Beachtung, dass der an dem Kolben oben vorbeiziehende Luftstrom durch Vermehrung der Transpiration zugleich einen erniedrigenden Einfluss auszuüben im Stande wäre. —

Aber ich bin der Ansicht, dass im concreten vorliegenden Falle derlei Betrachtungen gar nicht ins Gewicht fallen. Will man ernstlich glauben, dass die Differenz von $7^1/_2{}^0$ zu Gunsten von oben in unserm ersten Beispiel durch einen solchen warmen Luftstrom hervorgerufen sei? — Wie wäre es bei einen derartig erhöhenden Einfluss der aufsteigenden warmen Luft möglich, dass man (vgl. unsere Tabelle vom 26. März, n. 5a) oben auch eine geringere Wärme finde? Wie soll man sich, um nur noch Eines anzuführen, erklären, dass die Temperatur oben sinkt, während sie unten nachweislich steigt? Man vgl. Tabelle vom 19. April n. 7 und Curventafel I n. I.

Einlegen der Thermometer eine Reihe Resultatstörender Factoren ein, von denen ich nur auf den aufmerksam zu machen brauche, der bei **Vrolik** und **de Vriese** eintrat (a. a. O. p. 139): Saftausfluss aus der Wunde; — ohne Zweifel auch pathologische Transpiration der Wunde, in einem nicht leicht zu beurtheilenden Grade. Aus diesem Grunde möchte ich dem erhaltenen Resultate nicht dasselbe Gewicht beilegen, wie den andern. Ich selbst habe bei *Arum* gerade entgegengesetzte Resultate, nämlich höhere Temperatur im Innern erhalten. — Es ist möglich, dass sich unsere Pflanze gerade entgegengesetzt wie *Colocasia* verhält; allein viel eher möchte ich mein Resultat auf einen andern Umstand schieben. — Die *Arum*kolben sind im Innern sehr trocken, dieselben erscheinen an der Schnittfläche nicht einmal glänzend feucht, geschweige denn triefend nass; die Wunde zum Einlegen des Quecksilbergefässes war möglichst genau angepasst — ich möchte darnach nicht annehmen, dass sich an der Stelle störende Transpirationseinflüsse geltend gemacht. Aber ich glaube fast, die höhere Temperatur des Innern ist einfach auf Rechnung eines engeren Anliegens des Queksilbergefässes zu setzen. Zum Behufe der Feststellung der Innentemperatur gegenüber der der Oberfläche, wurde, gewöhnlich die Mitte der Keule, zunächst oberflächlich wie gewöhnlich mit einem Thermometer belegt. Ihr diametral gegenüber in eine möglichst sorgfältig angepasste Excavation (die etwa bis auf das Centrum der Keule reichte) ein zweites Thermometer gefügt. Es ist klar, dass die Berührung des letzteren eine viel grössere war, als die des erstern. — Es war ein einziges Mal, dass ich beide Thermometer genau gleich hoch (28,5) stehen sah, der Regel nach stand das Thermometer in der Höhlung etwas höher. So z. B. 23. März, Nachmittags von 3—4 Uhr; Lufttemperatur fast constant 17,2.

Zeit.	Oberfläche.	Höhlung.
2^{55}	21.5	22.0
3	21,65	22,1
3^{7}	21.75	22,1
3^{15}	22,0	22,4
3^{30}	22,9	22.6
3^{40}	23,4	23,6
3^{53}	23,8	24,2
4^{6}	24,1	24.6
4^{18}	24,2	24.7

Um zu zeigen, wie verschieden die Temperatur ausfällt, je nach der Grösse der Berührungsfläche zwischen Keule und Thermometer will ich nur folgenden Versuch anführen. Am 18. April zeigten Nachmittags 3 Uhr 45 Minuten fünf kleine

Keulen (bei Lufttemp. 18,4°), zwischen welche ein Thermometer, jede Keule berührend, eingeschoben war, eine Selbstwärme von 36,8°; ein aussen der Art angelegtes, dass es zwischen zwei Kolben jeden derselben berührte 31,2°; an jeden der Kolben einzeln angelegt 29,1 und 28,0°.

Die biologische Bedeutung der Wärme.

Es ist ein glückliches Zusammentreffen, dass an unserer Pflanze, deren Wärmeentwicklung wir soeben näher kennen lernten, durch Delpino's feinsinnige Arbeiten zugleich der Bestäubungsmechanismus genau bekannt geworden ist (Ulteriori osservazioni sulla dicogamia nel regno vegetale. P. I p. 17—21. In Atti della Soc. italiana di scienze naturali in Milano Vol. XI, XII, XVI, XVII). Dieser Umstand ermöglicht, eine, meines Erachtens, zutreffende Meinung über die Bedeutung des seltsamen Phänomens zu gewinnen.

Dass die Entwicklung eines so hohen Wärmegrades in der Blüthe eine so zu sagen unbedeutende Nebenerscheinung sei, haben schon die ersten Beobachter nicht geglaubt; die ganze Erscheinung vielmehr schon mehr oder weniger deutlich zu den eigentlichen Blüthenvorgängen in Beziehung gesetzt. So weit sich die kurzen Bemerkungen derselben deuten lassen, betrachten sie die Wärmeentwicklung als einen Act besonders energischer Lebensäusserung der Pflanze und im engsten Zusammenhang mit der Befruchtung. So sagt schon Lamarck (Encycl. méthod. T. III p. 9, erste Spalte), dass die Wärme eintrete in der Zeit, „où peut-être s'opère la fécondation". Mindestens wird diese Stelle auch von Gärtner (Versuche und Beobachtungen über die Befruchtungsorgane 1844 S. 157) so gedeutet. Und der Bemerkung von Saussure (a. a. O. p. 286), dass der Wärmemangel von *Arum italicum*, den er bei seinen Exemplaren beobachtete, „wahrscheinlich daher komme, weil die Pflanze niemals Früchte trage" liegt offenbar eine ähnliche Vorstellung zu Grunde. Decandolle (Phys. végét. II, 552) schreibt auch C. H. Schultz (Natur d. leb. Pfl. II S. 185 § 226) eine ähnliche Meinung zu, was, wie schon Röper bemerkt hat, auf einem Irrthum beruht. Dagegen notirt er mit Recht (Phys. végét. II, 554) eine Bemerkung Brongniart's, der der Ansicht sei, die Wärmeentwicklung könne zum sichern Gelingen der Befruchtung beitragen. Nehmen wir diese unbewiesenen Meinungen einmal ernstlich, so muss darauf hingewiesen werden, dass der eigentliche Befruchtungsact wohl zu einer Zeit statt haben dürfte, wo die Wärmeentwicklung längst vorbei ist. Wenigstens giebt Hofmeister (Neue Beiträge. Monocotylen

S. 683) an: „Bei *Arum maculatum* brauchen die Pollenschläuche zur Erreichung ihres Zieles mindestens 5 Tage, bei *Pothos longifolia* eine noch längere Zeit". Verhält sich *A. italicum*, was allerdings nicht untersucht, aber doch wohl wahrscheinlich ist, ähnlich, dann dürfte selbst unter der Voraussetzung einer mit dem Eröffnen der Blüthe augenblicklich erfolgenden Bestäubung, der eigentliche Befruchtungsact erst nach dem Abblühen zu erwarten sein.

Nicht plausibler erscheint die etwaige Annahme, dass die Wärmeentwicklung mit der Pollenentleerung in Verbindung stehe. Schon Gärtner (a. a. O. S. 184) hat bemerkt, dass dieses ein Act sei, bei dem nur „Wärmeconsumtion" in Frage komme und Van Beek und Bergsma (a. a. O. p. 11 n. 3, vgl. oben) geben thatsächlich an, dass zur Zeit der Pollenentleerung die Temperatur der männlichen Blüthen sich fortwährend verringert und mehr und mehr der Lufttemperatur nähert. Die Angaben von Brongniart (a. a. O. p. 9, Tabelle) und Dutrochet (a. a. O. p. 73, Tabelle) über die Emission des Pollens sind mit den stattfindenden Wärmeverhältnissen am Kolben in keine Beziehung zu setzen, wie bereits Sachs (Exp. Phys. S. 295) hervorhebt. — Endlich ist nach meinen Beobachtungen an *Arum italicum* die Wärmeperiode erloschen, bevor die Pollenkörner ausgestreut werden.

Dagegen begreift sich die ganze Wärmeentwicklung der Aroideen, oder doch zunächst des *Arum italicum* als eine „Bestäubungsvorrichtung".

Delpino hat (a. oben a. O.) ausführlich nachgewiesen, dass unser *Arum*, analog der wohlbekannten *Aristolochia Clematitis* bestäubt wird und unterscheidet vier Entwicklungsstadien bei dem Bestäubungsact.

I. Die Blüthe öffnet sich und duftet. Aufnahme der pollenbringenden Gäste; die sich aufrollende Spatha dient als Fahne (Wegweiser), der Kolben als „Leitstange", der Spathenkessel als Kerker, durch die im Hals stehenden Haare gesperrt. Die Narbe ist reif, die Antheren geschlossen (Protogyne Blüthe).

II. Die Narbenhaare zergehen, an ihre Stelle tritt ein Zuckertropfen für die Thiere. Antheren noch geschlossen; Sperrhaare im Kesselhals noch frisch.

III. Die Antheren entleeren sich, die „Parastemonen" sperren noch.

IV. Die Sperrhaare welken, die pollenbeladenen Dipteren werden entlassen.

Es ist nun kein Zweifel, dass das, was schon Delpino andeutete, richtig ist: Die Wärmeentwicklung ist ein Mittel, die bestäubenden Thiere anzulocken bezw. zu veranlassen, in den Blüthenkessel hinabzusteigen. Denn

1. Die Wärmeerzeugung ist an das erste und ausschliesslich an das erste der Anlockung der Gäste gewidmete Stadium geknüpft. Ich brauche nur auf die an-

gehängten Tabellen und die dort aufgeführten „Bemerkungen" hinzuweisen, welche das Verhalten der Wärme zu dem Bestäubungsstadium klar legen.

2. Sehr charakteristisch beginnt die Wärme da, wo sie zunächst nützlich sein kann, an der Spitze des Kolbens, auf den die Mücken bekanntlich auffliegen; und sie tritt hier am Kolben am stärksten auf.
3. Die Wärmeentwicklnng tritt, wie das Stadium I selbst, nur einmal auf und dauert nur so lange als dieses.

Das von jeher angestaunte Phänomen, das ohnehin vom allgemein physiologischen Standpunkt nichts Wunderbares mehr enthält, verliert seinen letzten Rest von Sonderbarkeit, wenn es unter die zahlreichen höchst ingeniösen Mittel eingereiht wird, welche die Fremdbestäubung zu vermitteln bestimmt sind; ein Gebiet, wo die Pflanze wie man sieht, alle ihre zu Gebote stehenden Mittel zur Erzeugung ausserordentlicher und kostbarer Effecte vereinigt.

Resultate.

1. Der Kolben von *Arum italicum* hat eine selbstständige, von äussern Factoren (Licht und Wärme) unabhängige Wärmeperiode.
2. Die Wärmeentwicklung ist an die Zeit des Aufblühens und das erste Delpino'sche Bestäubungsstadium geknüpft; gewöhnlich beginnt sie gegen die Abendzeit, dauert unter Erreichung eines vormitternächtlichen Maximums die Nacht über; am Morgen ist der Kolben der Regel nach wieder kalt. Wiedererwärmung findet nicht statt.
3. Der Anfang der Erwärmung findet an der Keulenspitze statt; von da schreitet sie ziemlich rasch nach abwärts. Auch ist es die Spitze der Keule, welche die grösste Wärme (beobachtetes absolutes Maximum: 44,7°C, höchster beobachteter Ueberschuss: 27,7°C) entwickelt, von da abwärts nimmt der Erwärmungsgrad ab; die Staubgefässe sind wenig, die Pistille kaum erwärmt.
4. Die Kolbenerwärmung ist eine Bestäubungseinrichtung.

Beobachtungstabellen.

1. Versuch am 24. März.

Ein Blüthenstand, der im Laufe des Vormittags die Spatha um den Kolben lockert, um 2 Uhr sich deutlich aufzurollen beginnt, hat um 3¼ Uhr nur noch wenig übereinandergeschlagene Spatharänder, und beginnt ganz schwach zu duften. Das Thermometer wird in der oberen Hälfte des Kolbens angelegt und steigt in wenigen Minuten (bei Lufttemp. 16,2) auf 19,1° C.

Beobachtungs-zeit.	Lufttemp. C°.	Kolben-temperatur.	Ueberschuss.	Temp.-Steigerung von 5 zu 5 Min.	Bemerkungen.
3^{45}	16.5	19,8	3,3		
3^{50}	16,5	20,0	3,5	0,2	
3^{55}	16.6	20,3	3,7	0,2	
4^{p}	16,6	20,6	4,0	0,3	
4^{5}	16,8	20,9	4,1	0,1	
4^{15}	16,7	21,0	4,3	0,1	
4^{25}	16,6	21,3	4,7	0,2	
4^{30}	16,6	21,6	5,0	0,3	Der charakteristische Blüthengeruch tritt deutlich hervor.
4^{35}	16,6	21,9	5,3	0.3	
4^{40}	16,8	22,3	5,5	0,2	
4^{50}	16,7	22 9	6,2	0 35	
4^{55}	16,6	23,2	6,6	0,4	
5^{p}	16,6	23,6	7,0	0,4	
5^{5}	16,6	23.9	7,3	0,3	
5^{10}	16,6	24,3	7,7	0 4	
5^{15}	16,6	24,6	8,0	0,3	
5^{20}	16,6	25,1	8 5	0.5	
5^{25}	16,6	25,6	9,0	0,5	
5^{30}	16,6	25,9	9,3	0,3	
5^{35}	16,6	26,3	9,7	0,4	
5^{45}	16,5	26,8	10,3	0,3	
5^{50}	16,5	27,2	10,7	0,4	
5^{55}	16,55	27 6	11 05	0,3	Der Blüthengeruch ist bis auf einige Decimeter Entfernung bemerkbar.
6^{p}	16,6	27,95	11,35	0.35	
6^{5}	16,6	28,3	11,7	0.35	
6^{10}	16,6	28,5	11,9	0,2	Beginn der Dämmerung.
6^{15}	16,6	28,8	12,2	0,3	
6^{20}	16,6	29,1	12,5	0,3	

Beobachtungszeit.	Lufttemp. C°.	Kolbentemperatur.	Ueberschuss.	Temp.-Steigerung von 5 zu 5 Min.	Bemerkungen.
6^{25}	16,6	29,1	12,5	0,0	
6^{30}	16,6	29,1	12.5	0,0	
6^{35}	16,6	29,5	12,9	0,4	
6^{40}	16,6	29,65	13,05	0,15	Von 6^{40}—6^{50} continuirlich gestiegen, 6^{50} **Maximum des Ueberschusses.**
6^{50}	16,6	29,85	13,25	0,2	
6^{55}	16,6	29,75	13,15	0,1	
6^{57}	16,6	29,60	13,0	0,15	
7^{p}	16,6	29,5	12,9	0,1	**Geruch beginnt entschieden abzunehmen; ist aber immer noch stark.**
7^{5}	16,6	29,3	12,7	0,2	
7^{7}	16,6	29,2	12,6	0,1	
7^{15}	16,6	29 1	12.5	0 1	
7^{20}	16 6	29,0	12 4	0,1	
7^{23}	16,6	28,85	12,25	0,15	
7^{25}	16,6	28,75	12,15	0,1	
7^{27}	16,6	28,65	12,05	0,1	
7^{33}	16,6	28,4	11,8	0,25	
7^{36}	16,6	28.3	11.7	0,1	
7^{40}	16,6	28,2	11.6		
7^{45}	16,6	27.9	11,3	0.3	
9^{p}	16,4	25.4	9,0	0.13	
9^{5}	16,4	25.3	8,9	0.1	
9^{15}	16,4	24.8	8.4	0.25	
11^{25}	15,9	17.7	1.8		Geruch sehr bedeutend abgeschwächt.
11^{40}	16,4	17,9	1.5		
11^{50}	16,4	17.75	1,35	0,12	
11^{55}	16.4	17.6	1.2	0.15	
12^{5}	16,4	17.5	1,1	0,05	
12^{10}	16,4	17.35	0,95		
12^{17}	16,4	17.2	0.8		
12^{30}	16,4	16.9	0,5		
12^{45}	16.4	16.7	0,3	0,06	Geruch noch ganz schwach.

Am Schlusse des Versuchs, Nachts 12^{45} Uhr, sind die Staminodialhaare völlig frisch, die Antheren unverstäubt, die Narben mit strahligen Haaren bedeckt.

2. Versuch am 25. März.

Blüthenstand, gegen Mittag aus dem Freien geholt, noch nicht geöffnet. Thermometer 3^{31} angelegt, steigt (bei Lufttemp. 15,7°) auf 18,5°, und geht, während die Luft allmählich bis 16° steigt, langsam auf: 3^{38} = 17,7; 3^{45} = 17.3; 3^{50} = 17,0; 3^{58} = 17,0 herab.

Beobachtungs-zeit.	Lufttemp. C°.	Kolben-temperatur.	Ueberschuss.	Temp.-Steigerung von 5 zu 5 Min.	Bemerkungen.
4^{15}	16,1	16.8	0,9		
4^{25}	16,2	17,5	1,3	0,2	
4^{29}	16.2	17,7	1,5		
4^{32}	16,2	17.8	1,6	0,1	
4^{35}	16,3	17.8	1,5		
4^{45}	16.3	17,9	1,6	0,05	
4^{49}	16,3	18,0	1,7		
4^{51}	16,3	18,1	1,8	0,1	
4^{54}	16,3	18,2	1,9		
5^{0}	16,3	18,5	2,2	0,10	
5^{5}	16,2	19,0	2,8	0,6	
5^{10}	16.2	19,4	3,2	0,4	
5^{15}	16.2	19,9	3,7	0,5	
5^{20}	16,2	20,5	4,3	0,4	
5^{25}	16,2	21,0	4,8	0,5	
5^{30}	16.2	21,6	5,4	0,6	
5^{35}	16,2	22,2	6.0	0,6	
5^{40}	„	22,7	6,5	0.5	
5^{45}	„	23.2	7,0	0.5	
5^{50}	„	23.8	7,6	0,6	
5^{55}	„	24,2	8,0	0.4	Steigt schon um 5^{57} auf 24,4.
6^{0}	„	24,4	8,2	0.2	
6^{2}	„	24,4	8,2		
6^{4}	„	24,5	8,3		
6^{5}	„	24,5	8,3	0,1	
6^{8}	„	24,6	8,4		
6^{10}	„	24,6	8.4	0,1	
6^{11}	„	24,6	8,4		
6^{15}	„	24,6	8,4	0,0	
6^{18}	„	24,6	8,4		
6^{20}	„	24,7	8,5	0,1	
6^{22}	„	24,7	8,5		
6^{25}	„	24,75	8,55	0,05	
6^{27}	„	24.8	8.6		
6^{30}	„	24.8	8,6	0.05	
6^{40}	„	25,0	8.8	0,1	
6^{43}	„	25.1	8.9		
6^{45}	„	25,2	9,0	0.1	

Beobachtungs-zeit.	Lufttemp. C⁰.	Kolben-temperatur.	Ueberschuss.	Temp.-Steigerung von 5 zu 5 Min.	Bemerkungen.
6^{55}	16,2	25.5	9.3	0,15	
6^{58}	„	25.6	9.4	0,15	
7^{2}	„	25.9	9.7		
7^{4}	„	26.0	9.8		
7^{8}	„	26.3	10.1		
7^{10}	„	26.5	10.3	0,15	
7^{12}	„	26.6	10.4		
7^{15}	„	26.7	10.5	0,1	
7^{17}	„	26.8	10.6		
7^{20}	„	26.9	10.7		
7^{21}	„	27.0	10.8		
7^{23}	„	27,1	10.9		
7^{26}	„	27,3	11.1		
7^{30}	„	27.5	11.3		
7^{33}	„	27.6	11.4		
7^{37}	„	27.75	11.55		
7^{42}	„	27.9	11.7		
7^{45}	„	27.9	11.7		
7^{47}	„	27.95	11,75		
7^{50}	„	„	„		
7^{53}	„	„	„		
7^{55}	„	28.0	11.8		
8^{p}	„	28.1	11.9		
8^{5}	„	28.25	12.05		
8^{7}	„	28.3	12.1		
8^{10}	„	28,3	„		
8^{16}	„	28,35	12.15		Wärmemaximum.
8^{20}	„	„	„		
8^{23}	„	28.3	12.1		
8^{26}	„	28.25	12.05		
8^{30}	„	28.20	12.00		
8^{33}	„	28.15	11.95		
8^{35}	„	28.10	11.9		
8^{42}	„	„	„		
8^{44}	„	28.05	11.85		
8^{46}	„	28.0	11.8		
8^{50}	„	„	„		
8^{53}	„	27,95	11.75		
8^{55}	„	27.9	11.7		
9^{30}	15,8	27.1	11.3		
10^{20}	15.8	26.4	10.6		
10^{40}	16,2	26.6	10.4		
11^{p}	16,2	26.6	10.4		
26/3 1^{a}	15,8	23,8	8,0		
6^{30a}	15,3	15.1	0,2		

Am Morgen, mit Abbruch des Versuchs, roch die Blüthe nur noch ganz schwach, im Uebrigen war sie ganz frisch, die Staminodialhaare steif, die Antheren geschlossen, die Narbenhaare strahlig.

3. Versuch.

Hierzu Taf. II u. IV.

Ein Blüthenstand, der Abends starke Neigung zum Aufrollen zeigte, wurde über Nacht in's Freie gelegt, und schien Morgens völlig unverändert. — Er wird wie gewöhnlich behandelt (Thermometer in Mitte des Kolbens). Nach einigen Minuten beobachtet, zeigt er nun eine sehr rasch verlaufende Wärmeperiode.

Beobachtungs-zeit.	Luftemp. C°.	Kolben-temperatur.	Ueberschuss.	Bemerkungen.
6^{34a}	15.8	19.6	3.8	
6^{35}	„	20.4	4.6	
6^{36}	„	21,1	5,3	
6^{37}	„	21,7	5,9	
6^{38}	„	22,5	6,7	
6^{39}	„	23,1	7,3	
6^{40}	„	23,6	7,8	
6^{41}	„	24,1	8,3	
6^{42}	„	24,6	8,8	
6^{43}	„	25,1	9,3	
6^{44}	„	25,35	9,55	
4^{45}	„	25,5	9,7	
6^{46}	„	25,6	9,8	
6^{47}	„	25,7	9,9	Maximum der Erwärmung.
6^{48}	„	25,7	9,9	
6^{49}	„	25,65	9,85	
6^{50}	„	25,5	9,7	
6^{51}	„	25,4	9,6	
6^{52}	„	25,25	9,45	
6^{53}	„	25,1	9,2	
6^{54}	„	24,95	9,15	
6^{55}	„	24,8	9,0	
6^{56}	„	24,7	8,9	
6^{57}	„	24,5	8,7	
6^{58}	„	24,3	8,5	
6^{59}	„	24,2	8,5	
7^{a}	„	24,05	8,25	
7^{5}	„	23,50	7,7	
7^{10}	„	23,0	7,2	
7^{18}	„	22,1	6,3	
8^{5}	15,6	18,3	2,7	
8^{20}	„	17,95	2,15	

Beobachtungs-zeit.	Lufttemp. C°.	Kolben-temperatur.	Ueberschuss.	Bemerkungen.
8^{34}	„	17,7	1.9	
8^{40}	15,9	17,4	1.5	
8^{45}	16,0	17,35	1,35	
8^{52}	„	17,20	1,2	

4. Versuch am 18. März.

Hierzu Taf. II u. III.

Beobachtungs-zeit.	Lufttemp. C°.	Kolben-temperatur.	Ueberschuss.	Bemerkungen.
3^{25}	18,4	19,8	1,4	
3^{30}	18,6	20,2	1,6	
3^{35}	18,4	20.5	2,1	
3^{45}	„	20,8	2.4	
3^{47}	„	21,0	2,6	
3^{55}	„	21,2	2,8	
4^{p}	18,3	21,4	3,1	
4^{4}	„	21,6	3,3	
4^{10}	18,5	21.8	3.3	
4^{13}	„	22,1	3,6	
4^{20}	18,6	22,3	3,7	
4^{30}	18,8	22,8	4,0	
4^{35}	„	23,0	4,2	
4^{45}	„	23,3	4,5	
4^{50}	„	23,5	4,7	
5^{p}	„	23,9	5,1	
5^{5}	„	24,2	5.4	
5^{15}	18,7	24,5	5,8	
5^{17}	„	24,7	6,0	
5^{20}	„	24,8	6,1	
5^{25}	„	24,9	6,2	
5^{30}	18,8	25,1	6,3	
5^{35}	18,6	25,5	6,9	
5^{40}	„	25,7	7.1	
5^{45}	18,8	26,0	7,2	
5^{50}	18,7	26,3	7,6	
5^{53}	18,6	26,4	7.8	
5^{58}	„	26,3	7,7	
6^{5}	„	26,4	7.8	
6^{10}	„	26.5	7.9	
6^{15}	„	26,6	8,0	Maximum dés Wärmeüberschusses.
6^{25}	„	26,5	7.9	
6^{30}	„	26.3	7.7	
6^{32}	„	26,1	7.5	

Beobachtungs-zeit.	Lufttemp. C°.	Kolben-temperatur.	Ueberschuss.	Bemerkungen.
6^{35}	18,6	26.0	7,4	
6^{38}	„	25,9	7,3	
6^{45}	„	25,6	7,0	
6^{53}	„	25,4	6,8	
7^{p}	„	25,3	6,7	
7^{5}	18,4	25,2	6,8	
7^{10}	„	25,1	6,7	
7^{50}	18,0	23,6	5,6	
8^{10}	„	23,4	5,4	
8^{15}	„	23,3	5,3	
8^{25}	„	23,2	5,2	
8^{32}	„	23,0	5,0	
8^{38}	„	22,9	4,9	
11^{30}	17,8	19,6	1,8	
1^{30}	„	18,6	0,8	
19/4 7^{a}	17,1	16,6	—0,5	

Am Morgen die Antheren noch geschlossen, aber die Narben theils haar- theils tröpfchenbedeckt.

5a. Versuch am 26. März.

Taf. II u. III.

Ein frisch um 4 Uhr Nachmittags dem Freien entnommener Blüthenstand, eben im Aufrollen soweit vorgeschritten, dass ein kleiner Schlitz zwischen den Spatharändern den Kolben sichtbar werden lässt. Die Thermometer oben und unten am Kolben angebracht beginnen sofort zu steigen und zeigen nach 4 Minuten continuirlich beobachtet den folgenden Lauf. Lufttemperatur mit geringen Schwankungen um 16,8°.

Beobachtungs-zeit.	Kolbentemp. oben.	Kolbentemp. unten.	Differenz zu Gunsten von unten.	Bemerkungen.
5^{25}	25,0	28,05	3,05	
5^{28}	25,8	28,4	2,6	
5^{29}	26,2	28,6	2,4	
5^{30}	26,6	28,7	2,1	
5^{32}	26,85	28,8	1,95	
5^{35}	27,2	28,95	1,75	
5^{37}	27,5	29,2	1,7	
5^{39}	27,7	29,3	1,6	
5^{41}	27,9	29,6	1,5	
5^{47}	28,5	30,3	1,8	
5^{50}	28,7	30,5	1,8	
5^{54}	28,9	30,85	1,95	

Beobachtungs-zeit.	Kolbentemp. oben.	Kolbentemp. unten.	Differenz zu Gunsten von unten.	Bemerkungen.
5^{56}	29,0	31,0	2,0	
5^{58}	29,0	31,2	2,2	Wärmemaximum oben (12,2°).
6^{p}	28,9	31,3	2,4	
6^{5}	28,8	31,4	2,6	
6^{8}	28,7	31,6	2,9	
6^{11}	28,6	31,7	3,1	
6^{14}	28,5	31,8	3,3	bei Lufttemp. 16,7 ist der Wärme-überschuss jetzt unten (15,1°C).
6^{18}	28,25	31,8	3,55	
6^{20}	28,1	31,75	3,65	
6^{23}	27,9	31,6	3,7	
6^{28}	27,5	31,3	3,8	
6^{30}	27,3	31,3	3,9	
6^{34}	26,8	30,8	4,0	
8^{p}	20,6	24,1	3,5	

5b. Versuch am 27. März.

Der beobachtete Blüthenstand ist mit einem etwa 1 cm weiten Schlitz geöffnet, die Thermometer etwa 3½ cm von einander entfernt, am obersten und untersten (dem Hals nahen) Ende des Kolbens angebracht und werden nach einigen Minuten sofort beobachtet.

Beobachtungs-zeit.	Kolbentemp. oben.	Kolbentemp. unten.	Differenz zu Gunsten von oben.	Bemerkungen.
$8^{35\,p}$	26,6	23,8	2,8	Die Differenz fällt hier zu Gunsten von oben.
8^{37}	26,4	23,4	3,0	
8^{42}	25,0	22,8	2,2	Die Lufttemperatur in einem Versuche weiter oben notirt.
8^{45}	25,6	22,0	3,6	
8^{55}	25,8	21,7	4,1	
9^{5}	26,0	21,6	4,4	
9^{15}	26,1	21,7	4,4	
10^{10}	29,2	21,8	7,4	

5c. Versuch am nämlichen Tage, in ganz gleicher Art.

Beobachtungs-zeit.	Kolbentemp. oben.	Kolbentemp. unten.	Differenz zu Gunsten von oben.	Bemerkungen.
5^{10}	22,4	21,8	0,6	
5^{15}	22,7	21,8	0,9	
5^{22}	23,4	22,2	1,2	
5^{25}	23,7	22,4	1,3	

Beobachtungs-zeit.	Kolbentemp. oben.	Kolbentemp. unten.	Differenz zu Gunsten von oben.	Bemerkungen.
5^{28}	23,9	22,6	1,3	
5^{31}	24,3	22,8	1,5	
5^{34}	24,5	22,9	1,6	
5^{38}	24,8	23,1	1,7	
5^{45}	25,2	23,4	1,8	
5^{53}	25,6	23,8	1,8	
5^{56}	25,8	24,0	1,8	
6^{p}	25,9	24,1	1,8	
6^{8}	26,0	24,4	1,6	
6^{15}	25,7	24,4	1,3	
6^{30}	25,0	24,2	0,8	

5d. Versuch am 22. März.

Der Blüthenstand war ursprünglich nur mit einem Thermometer in der oberen Hälfte des Kolbens versehen worden; erst nachträglich wird ein zweites in der unteren Hälfte angefügt (kurz vor 6 Uhr).

Beobachtungs-zeit.	Kolbentemp. oben.	Kolbentemp. unten.	Differenz zu Gunsten von oben.	Lufttemperatur.	Ueberschuss.
5^{p}	30,2			18,2	12,0
5^{30}	30,2			18,1	12,1
5^{45}	30,5			18,0	12,5
6^{p}	28,2	26,5	1,7	17,7	
6^{30}	27,7	26,0	1,7	17,6	
6^{45}	27,9	26,5	1,4	17,7	
8^{p}	24,3	23,6	0,7	17,4	
8^{15}	23,6	22,8	0,8		

5e. Versuch am 26. März

mit einem im Oeffnen begriffenen Blüthenstand, Thermometer, wie gewöhnlich einander gegenüber, aber nur um die Länge des Quecksilbergefässes in der Höhe von einander stehend. — Nach 5 Minuten begonnen.

Beobachtungs-zeit.	Kolbentemp. oben.	Kolbentemp. unten.	Bemerkungen.
8^{35}	23,3	23,7	Die Differenzen sind gering, und fallen meist zu Gunsten von unten aus.
8^{40}	22,3	22,6	
8^{45}	21,9	22,0	
8^{50}	21,7	21,7	
9^{5}	21,9	21,9	
9^{25}	22,1	22,1	

Beobachtungs-zeit.	Kolbentemp. oben.	Kolbentemp. unten.	Bemerkungen.
9^{32}	22,7	22.5	
9^{38}	22,3	22.3	
9^{45}	23.0	23.0	
9^{55}	23.4	23.4	
10^{3}	23.7	23.7	
10^{45}	26,1	26.2	
3^{30a}	19.6	20.8	
6^{30a}	18.2	17.6	

6. Versuch am 27. März.

Hierzu Taf. I u. II.

Blüthenstand seit Tagsvorher im Wasser stehend, noch zusammengerollt, aber im Aufrollen begriffen.

Als die Thermometer 1^{45} Nachmittags angelegt worden, zeigt die Luft 16,8, der Kolben oben und unten gleiche Temperatur nämlich 18,7. Nach wenigen Minuten beginnt das Sinken und um 2^{45} die regelmässige Beobachtung.

Beobacht.-zeit.	Lufttemp. C°.	Obere Kolbent. absolut.	Uebersch.	Untere Kolbent. absolut.	Uebersch.	Differenz zw. oben u. unten.	Bemerkungen.
2^{45}	16.8	15,4		15.4			
2^{55}	16.8	15.9		15.6			
2^{58}	17.0	16.1		15.7			
3^{10}	17.2	16.1		15.8			
3^{30}	16.8	16.1		15.8			
3^{35}	16.8	16.2		15.8			
3^{40}	16.8	16.3		15.9			
3^{45}	16,8	16,35		15.9			
3^{50}	16.9	16.4		16.0			
3^{55}	16.9	16,45		16.1			
4^{p}	16.9	16.55		16.15			
4^{5}	16.95	16.6		16.2			
4^{10}	17,0	16.7		16.25			
4^{20}	17,1	16.85		16.45			
4^{30}	17.1	17.0		16.55			
4^{40}	17,1	17.05		16.65			
4^{50}	17,1	16.9		16.55			
5^{p}	17.1	16.8		16.5			
5^{10}	17.1	16.9		16.5			
5^{22}	17.1	17.0		16.6			
5^{30}	17.0	17.15	0,15	16.65			
5^{35}	16.9	17,3	0.4	16.65			

Beobacht.-zeit.	Lufttemp. C°.	Obere Kolbent. absolut.	Obere Kolbent. Uebersch.	Untere Kolbent. absolut.	Untere Kolbent. Uebersch.	Differenz zw. oben u. unten.	Bemerkungen.
5^{40}	16,8	17,4	0,6	16,7			
5^{45}	16,75	17,6	0,95	16,8	0,05	0,9	
5^{52}	16,7	17,9	1,2	17,0	0,3	0,9	
6^{p}	16,7	18,1	1,4	17,1	0,4	1,0	
6^{8}	16,7	18,7	2,0	17,4	0,7	1,3	
6^{15}	16,7	19,0	2,3	17,6	0,9	1,4	
6^{25}	16,7	19,5	2,8	17,7	1,0	1,8	
6^{30}	16,8	20,1	3,3	18,0	1,2	2,1	
6^{34}	17,0	20,7	3,7	18,3	1,3	2,4	
6^{55}	16,6	22,9	6,3	19,05	2,45	3,85	
7^{30}	16,3	25,0	8,7	19,95	3,65	5,05	
7^{40}	16,5	25,4	8,9	20,2	3,7	5,2	
7^{50}	16,6	25,7	9,1	20,5	3,9	5,2	Oberes Maximum.
7^{53}	16,8	25,8	9,0	20,8	4,0	5,0	
8^{5}	16,6	25,7	9,1	20,95	4,35	4,75	
8^{15}	16,8	25,7	8,9	21,15	4,35	3,55	
8^{20}	16,8	25,7	8,9	21,3	4,5	4,4	
8^{25}	17,0	26,12	9,12	21,35	4,35	4,85	Unteres Maximum.
8^{28}	17,1	25,9	8,8	21,25	4,15	4,75	Zwischen 8^{20} und 8^{25} war
8^{33}	16,9	25,6	8,7	21,3	4,4	4,3	die Temperatur oben ein-
8^{35}	16,95	25,65	8,70	21,4	4,45	4,25	mal rasch auf 26,6 ge-
8^{38}	17,0	25,9	8,9	21,35	4,35	4,55	stiegen!
8^{43}	16,8	25,9	9,1	21,4	4,6	4,5	
8^{50}	16,8	25,8	9,0	21,4	4,6	4,4	
8^{55}	16,8	25,55	8,75	21,4	4,6	4,15	
9^{5}	16,8	25,5	8,7	21,5	4,7	4,0	
9^{13}	16,8	25,1	8,3	21,4	4,6	3,7	
10^{10}	16,2	21,8	5,6	19,8	3,6	2,0	
10^{30}	16,6	22,0	5,4	20,0	3,4	2,0	
10^{40}	16,6	21,8	5,2	19,8	3,2	2,0	
10^{50}	16,7	21,6	4,9	19,7	3,0	1,9	
11^{p}	16,6	21,3	4,7	19,6	3,0	1,7	
11^{5}	16,4	21,0	4,6	19,4	3,0	1,6	
5^{30a}	15,8	16,8	1,0	16,6	0,8	0,2	

7. Versuch am 19. April.

Hierzu Taf. I u. I.

Blüthenstand am Tag vorher gepflückt, seither in Wasser stehend im Zimmer. Als die Beobachtung beginnt, ist die Spatha im Aufrollen, nicht offen gewesen. Die Keule ist dick und kurz, wie der Blüthenstand sehr kräftig. Die Thermometer sind einander gegenüber und so angebracht, dass auf der Höhe, wo das Quecksilbergefäss des oberen Thermometers endet, das des untern Thermometers beginnt.

Beobacht.-zeit.	Lufttemp. C°.	Obere Kolbent. absolut.	Uebersch.	Untere Kolbent. absolut.	Uebersch.	Differenz. zw. oben u. unten.	Bemerkungen.
3^{30p}	19.2	21,1	1.9	21.5	2.3		
3^{37}	19.2	20.8	1.6	21.0	1.8		
3^{42}	19.2	20.6	1,4	20,7	1.5		
3^{45}	19.2	20.6	1.4	20.6	1.4		
3^{48}	19.1	20.6	1.5	20.8	1.7		
4^{p}	19.0	20.5	1.5	20.7	1.7		
4^{2}	19.0	20.6	1.6	20,6	1.6		
4^{6}	19.0	20.6	1.6	20.6	1.6		
4^{12}	19.0	20.8	1.8	20.6	1.6	0.2	
4^{13}	19.0	20.9	1.9	20.65	1.65	0.25	
4^{20}	18.9	21,1	2,2	20.9	2.0	0.2	
4^{26}	18.8	21,5	2,7	21.1	2.3	0.4	
4^{30}	18.8	21,7	2.9	21.2	2.4	0.5	
4^{33}	19.0	22.0	3.0	21.5	2.5	0.5	
4^{35}	18.8	22.3	3,5	21.7	2.9	0.6	
4^{40}	18.8	22.7	3.9	21.9	3,1	0.8	
4^{43}	19.0	23.0	4.0	22.1	3.1	0.9	
4^{45}	19.1	23.4	4.3	22.3	3.2	1.1	
4^{50}	19.1	23.9	4.8	22.6	3.5	1.3	
4^{52}	19.1	24.1	5,0	22.8	3,7	1.3	
4^{55}	19.1	24.6	5.5	23.0	3.9	1.6	
4^{58}	19.1	24.7	5.6	23,1	4.0	1.6	
5^{p}	19.0	25.0	6.0	23.3	4.3	1,7	
5^{2}	19,0	25,3	6.3	23.5	4,5	1.8	
5^{5}	19.1	25.5	6.4	23.6	4.5	1,9	
5^{10}	19,2	25.8	6.6	23.8	4.6	2.0	
5^{15}	19.1	26.4	7.3	24.0	4.9	2.4	
5^{18}	19.1	26.7	7.6	24.2	5.1	2,5	
5^{22}	19,0	27,0	8.0	24.3	5.3	2.7	
5^{25}	19.0	27.4	8.4	24.5	5.5	2.9	
5^{28}	19,0	27,6	8.6	24.6	5.6	3.0	
5^{35}	19.0	28.3	9.3	24.8	5.8	3,5	
5^{38}	19.0	28,7	9.7	25.0	6,0	3.7	
5^{40}	19.0	29.0	10.0	25.15	6.15	3 85	
5^{45}	19.0	29,5	10,5	29.5	6,5	4.0	

Beobacht.-zeit.	Lufttemp. C°.	Obere Kolbent. absolut.	Obere Kolbent. Uebersch.	Untere Kolbent. absolut.	Untere Kolbent. Uebersch.	Differenz zw. oben u. unten.	Bemerkungen.
5^{50}	19.0	29.8	10.8	25.7	6,7	4,1	
5^{55}	„	30.25	11.25	26.0	7,0	4,25	
6^{p}	„	30.5	11.5	26.15	7.15	4,35	
6^{7}	„	31.0	12.0	26.5	7.5	4,5	
6^{12}	„	31.3	12.3	26.8	7,8	4.5	
6^{16}	„	31,7	12.7	27.0	8.0	4.7	
6^{20}	„	32.0	13.0	27.1	8.1	4,9	
6^{25}	„	32.5	13.5	27.4	8,4	5,1	
6^{26}	„	32.6	13.6	27.5	8,5	5,1	
6^{28}	„	32.7	13.7	27.65	8.65	5,05	
6^{30}	„	32,7	13.7	27.9	8,9	4,8	
6^{33}	„	32.8	13.8	28.0	9,0	4,8	
6^{35}	„	33.0	14,0	28.1	9.1	4,9	
6^{40}	„	33,2	14.2	28.2	9,2	5,0	
6^{43}	„	33,4	14.4	28,4	9,4	5,0	
6^{45}	„	33.6	14.6	28.5	9,5	5,1	
6^{48}	„	33.6	14.6	28.6	9,6	5.0	
6^{50}	„	33.7	14.7	28.8	9,8	4,9	
6^{52}	„	34.0	15.0	28.8	9,8	5,2	
6^{54}	„	34.1	15,1	28.85	9.85	5,25	**Maximum der Differenz zwischen oben und unten zu Gunsten von oben.**
6^{56}	„	34,2	15.2	29.1	10,1	5.1	
6^{58}	„	34.4	15,4	29.2	10.2	5,2	
7^{p}	„	34.5	15.5	29.3	10.3	5,2	
7^{3}	„	34.6	15.6	29.6	10.6	5,0	
7^{5}	„	34,4	15,4	29.7	10,7	4,7	
7^{6}	„	34.6	15.6	29.9	10,9	4,7	
7^{7}	„	34,7	15.7	29.9	10.9	4,8	
7^{9}	„	34,8	15.8	30.0	11.0	4.8	
7^{10}	„	34.9	15.9	29.9	10,9	5.0	
7^{11}	„	35.0	16.0	30.0	11.0	5,0	
7^{12}	„	34.9	15.9	29.9	10.9	5.0	
7^{14}	„	34,9	15.9	30.1	11,1	4,8	
7^{16}	„	34,9	15.9	30.2	11,2	4,7	
7^{18}	„	34.9	15.9	30.3	11.3	4,6	
7^{20}	19,1	34.85	15.85	30.5	11.5	4.35	
7^{23}	„	35.1	16.0	30.5	11,4	4,6	
$7^{23.5}$	„	35.2	16.1	30.5	11,4	4,7	**Maximum oben am Kolben.**
7^{25}	„	35,0	15.9	30.6	11.5	4,4	
7^{26}	„	34.9	15.8	30.7	11,6	4,2	
7^{27}	„	34.8	15,7	30.7	11.6	4,1	
7^{28}	„	34.9	15.8	30.8	11,7	4,1	
7^{30}	„	35,0	15.9	31.0	11.9	4.0	
7^{32}	„	35,1	16.0	30.9	11,8	4,2	
7^{33}	„	34.9	15,8	31,1	12,0	3,8	

Beobacht.-zeit.	Lufttemp. C°.	Obere Kolbent. absolut.	Uebersch.	Untere Kolbent. absolut	Uebersch.	Differenz zw. unten u. oben.	Bemerkungen.
7^{34}	19,1	34,9	15,8	31,0	11,9	3,9	
7^{36}	19,0	34,8	15,8	31,1	12,1	3,7	
7^{38}	„	34,7	15,7	31,2	12,2	3,5	
7^{40}	„	34,7	15,7	31,2	12,2	3,5	
7^{43}	„	34,5	15,5	31,2	12,2	3,3	
7^{45}	„	34,7	15,7	31,2	12,2	3,5	
7^{47}	„	34,5	15,5	31,2	12,2	3,3	
7^{48}	„	34,4	15,4	31,3	12,3	3,1	
7^{51}	„	34,4	15,4	31,3	12,3	3,1	
7^{54}	„	34,1	15,1	31,4	12,4	2,7	
7^{55}	„	34.0	15,0	31,5	12,5	2.5	
7^{56}	„	34,1	15,1	31,55	12,55	2,55	
7^{58}	„	34,0	15,0	31,5	12,5	2,5	
8^{p}	„	34,0	15,0	31,6	12,6	2,4	
8^{3}	„	33,8	14,8	31,7	12,7	2,1	**Maximum unten am Kolben.**
8^{5}	„	33,8	14,8	31,7	12,7	2,1	
8^{7}	„	33,8	14,8	31,7	12,7	2,1	
8^{10}	„	33,7	14,7	31,7	12,7	2,0	
8^{11}	„	33,6	14,6	31,7	12,7	1,9	
8^{13}	„	33,5	14,5	31,7	12,7	1,8	
8^{15}	„	33,4	14,4	31,7	12,7	1,7	
8^{17}	„	33,5	14,5	31,7	12,7	1,8	
8^{20}	„	33,4	14,4	31,6	12,6	1,8	
8^{25}	„	33,0	14,0	31,6	12,6	1,4	
8^{27}	„	33,0	14,0	31,5	12,5	1,5	
8^{30}	„	32,7	13,7	31,5	12,5	1,2	
8^{33}	„	32,7	13,7	31,4	12,4	1,3	
8^{35}	„	32,7	13,7	31,4	12,4	1,3	
8^{45}	18,8	32,0	13,2	30.9	12,1	1,1	
8^{47}	„	31,7	12.9	31,0	12,2	0,7	
8^{49}	„	31,7	12,9	31,1	12,3	0,6	
9^{10}	18,6	30,5	11,9	30,0	11,4	0,5	
9^{16}	„	30,1	11,5	30,0	11,4	0,1	
9^{22}	„	29,9	11,3	29,9	11,3	0,0	
9^{25}	„	29,6	11,0	29,9	11,3	— 0,3	
9^{30}	„	29,5	10,9	29,8	11,2	— 0,3	
9^{32}	„	29,4	10,8	29,7	11,1	— 0,3	
9^{35}	„	29,2	10,6	29,7	11,1	— 0,5	
9^{40}	„	29,3	10,7	29,5	10,9	— 0,2	
9^{50}	„	29,1	10,5	28,9	10,3	0,2	
10^{15}	18,2	27,9	9,7	28,0	9,8	— 0,1	
10^{25}	„	27,8	9,6	28,0	9,8	— 0,2	
11^{p}	17,4	27,1	9,7	27,3	9,9	— 0,2	
11^{30}	18,2	26,1	7,9	26,6	8,4	— 0,5	

Beobacht.-zeit.	Lufttemp. C°.	Obere Kolbent. absolut.	Uebersch.	Untere Kolbent. absolut.	Uebersch.	Differenz zw. unten u. oben.	Bemerkungen.
12^{p}	18.0	25,5	7.5	25.4	7,4	0,1	
1^{30a}	18.0	22.2	4.2	23.3	5,3	1,1	
5^{a}	17.5	19.2	1.7	19.2	1.7	— 00	
8^{a}	17.6	18.5	0.9	18.5	0,9	00	

Morgens 8 Uhr (20. April) waren die Staminodien noch frisch, die Staubbeutel geschlossen, die Narben aber mit Tröpfchen bedeckt.

8. Versuch am 19. April.

Hierzu Taf. II u. I.

Ein Blüthenstand, dessen Keule sehr lang, zeigt Morgens noch Wärme und wird 2 Stunden lang, bei überaus constanter Lufttemperatur beobachtet. Thermometer in der Mitte der Keule.

Beobachtungs-zeit.	Lufttemper.	Kolbentemper.
8^{a}	17.5	22.0
8^{20}	17.7	20,4
8^{25}	17.7	20,6
8^{30}	17,7	20,6
8^{35}	17.8	21.0
8^{40}	17.8	20.9
8^{45}	17.8	20.8
8^{50}	17,8	21,2
9^{a}	17.8	20.9
9^{2}	17.8	20,7
9^{3}	17.8	21.1
9^{4}	17.8	20,7
9^{5}	17.8	20.8
9^{6}	17.8	20.8
9^{7}	17.8	20,5
9^{8}	17.8	20.4
9^{12}	17.8	20.1
9^{13}	17.8	20.0
9^{14}	17.8	19.9
9^{15}	17.8	19.9
9^{16}	17.8	19.9
9^{17}	17.8	20.1
9^{18}	17.8	20.1
9^{19}	17.8	20,1
9^{20}	17.8	20.0
9^{21}	17.8	20.1
9^{22}	17.8	20.2
9^{23}	17.8	20.15

Beobachtungs-zeit.	Lufttemper.	Kolbentemp.
9^{25}	17.8	20.0
9^{27}	17.8	19,9
$9^{27.5}$	17.8	20,0
9^{29}	17.8	19,8
9^{30}	17.8	19,7
9^{31}	17.8	19,7
9^{33}	17.8	19.6
9^{35}	17.8	19,8
9^{40}	17.8	19,6
9^{45}	17.8	20,0
9^{46}	17.8	19.5
9^{48}	17.8	19.4
9^{49}	17.8	19.3
9^{51}	17.8	19,5
9^{55}	17.8	19.3
10^{a}	17.8	19.1
10^{4}	17.8	19.15
10^{10}	17,8	19,2
10^{12}	17,8	19,3
10^{13}	17.8	19.2
$10^{13,5}$	17.8	19,1
10^{17}	17.8	19.1
10^{18}	17.8	19,0
10^{19}	17.8	18,9
10^{21}	17.8	18,8
10^{25}	17.8	19,0
10^{28}	17.8	18.9

9. Versuch am 17. April.

Ein Blüthenstand, der den ganzen Nachmittag und Abends (7 und 9 Uhr) genau beobachtet keine Andeutung von Aufrollung zeigt, hatte Abends 11 Uhr sich so weit geöffnet, dass ein fast 1 cm langer Schlitz in der Spatha war. Das jetzt in Mitte des Kolbens angelegte Thermometer zeigte gleich 22°, fiel aber alsbald auf 21,3° und blieb darauf etwa 1/4 Stunde regungslos stehen. Dann begann es langsam zu steigen:

Beobachtungs-zeit.	Lufttemper.	Kolbentemper.	Ueberschuss.	Temper. der Antheren.	Differenz.
11^{15p}	18,2	21.3	3,1		
11^{18}	18.2	21,5	3,3		
11^{20}	18,2	21,5	3,3	Thermometer	
11^{23}	18,2	21,6	3,4	angelegt	
11^{28}	18.2	21,7	3.5	20,2	2,0
11^{33}	18,2	22.3	4.1	19,3	1,1
11^{41}	18,2	22.6	4.4	18.4	0.2
11^{45}	18,1	22.8	4,7	18.2	0.1
11^{53}	18,0	23,1	5.1	18.2	0.2
12 Nachts	18.0	23.7	5,7	18.2	0,2
12^{15a}	fällt	24,7	6.7	19.4	1,4
3^{30a}	ganz	28.0	10.0	19.2	1,2
4^{a}	allmählich	26.5	8.5	18.8	0,8
6^{a}	17,7	20,3	2.6	18.1	0,4
7^{a}	17,7	18.8	1.1	18,0	0,3
7^{30}	17.6	18,5	0.9	17.8	0,2
8^{a}	"	18,1	0.5	17,2	

Morgens 8 Uhr sind die Antheren noch geschlossen, Sperrhaare frisch, aber die Narbenhaare durch Tröpfchen ersetzt. 18. April Abends 1/26 Uhr hat die Keule Lufttemperatur, die Antheren sind verstäubt, die Narbe schwarz.

Erklärung der Curventafeln I und II.

Die Eintragung der in bestimmten Zeiten beobachteten Luft- und Blüthentemperaturen auf ein Coordinatensystem ist die gewöhnliche. Die Abscissenlinie ist in Minuten (Millimeter) eingetheilt, die Stundenbezeichnung die übliche. Die Lufttemperatur wird mit L oder Lt, die Kolbentemperatur mit K bezeichnet. Ok (Okt) bezeichnet die am oberen Theile des Kolbens, Uk (ukt) die am unteren Theile desselben beobachtete Temperatur.

Taf. I.

Curve I. Graphische Darstellung der „grossen" Periode aus Versuch n. 7 vom 19. April.

Curve II. Desgl. des Versuchs n. 6 vom 27. März.

Taf. II.

Curve I. Darstellung des absteigenden Curvenastes von Versuch n. 8 am 19. April. Die spontane Oscillation demonstrirend. Durch ein, leider nachträglich incorrigibles, Versehen des Lithographen ist hier statt 8^a u. s. w. 8^p gesetzt.

Curve II. Die rasch ansteigende grosse Periode des Versuchs n. 5a vom 26. März.

Curve III. Die grosse Periode. Versuch n. 4 vom 18. März.

Curve IV. Die abnorm rasch am Morgen sich abspielende grosse Periode des Versuchs n. 3.

Anhang.

Historische Bemerkung über die Entdeckung der Selbsterwärmung.

In der Literatur wird zwar Lamarck einhellig als der Entdecker der Aroideenwärme genannt, dagegen wird sowohl die *Arum*-Art, an welcher, wie das Jahr, in welchem er seine Entdeckung gemacht haben soll, verschieden angegeben. Dies veranlasst mich, den Sachverhalt in Folgendem klar zu stellen.

Abgesehen davon, dass Spätere vielfach, wie es scheint, die Citate aus zweiter Hand genommen haben, scheint die Unsicherheit der Angaben zum Theil zunächst daher zu rühren, dass Lamarck die zwei in Frage kommenden *Arum*-Arten *italicum* und *maculatum* anfänglich nur als Varietäten behandelt. Seine berühmte Observation, in welcher er die erste Mittheilung macht, steht in dem im Jahre 1778 erschienenen 3. Band der ersten Auflage der Flore françoise des Verfassers p. 538 unter n. 1150 d. h. *Arum maculatum L.* und lautet: „Lorsque le chaton fleuri est dans un certain état de perfection ou de dévéloppement, il est chaud au point de paroître brûlant, et n'est point du tout à la température des autres corps; cet état ne dure que quelques heures: j'ai observé ce phénomène sur une variété de cette plante, que M. de Tournefort nome *arum venis albis, italicum, maximum.* Inst. 158.“ Es ist also zweifellos *Arum italicum,* an welchem er das Phänomen beobachtete.

In der Encyclopédie méthodique. Botanique Tome III, Paris 1789 p. 9 wiederholt er unter n. 7: Gouet d'Italie seine Mittheilung, erweitert sie und hier giebt er auch das Entdeckungsjahr bestimmt an: „— — C'est un phénomène que nous avons découvert il y a plus de dix ans (en 1777), et que nous avons bien vérifié depuis par des observations faites avec soin. — — — nous ne doutons pas que les autres

Gouets et toutes les plantes de cette famille, n'offrent le même fait dans les mêmes circonstances, quoique d'une manière, plus ou moins marquée, selon l'epaisseur plus ou moins grande de leur chaton.“

Erst in der 3. Auflage der flore française, welche er mit Decandolle herausgiebt, ist auch von *A. maculatum* die Rede. Da heisst es p. 151 nach dem Gattungscharakter von *Arum*: „Lamarck a remarqué que le chaton de quelques gouets, tels que le Gouet d'Italie et le gouet commun, acquiert — — une chaleur considérable“.

Es ist demnach ungenau, wenn Senebier, bei Mittheilung der ersten thermometrischen Beobachtungen an *A. maculatum* sagt, La Marck gebe in seiner flore française das *Arum maculatum* Linné's als seine Beobachtungspflanze an (Usteri, Ann. d. Bot. 15. Stück Leipzig 1795 S. 119 und Phys. végét. III 1800 p. 313).

Auf diese Senebier'sche Angabe aber wiederum hat, wie die Quellenangabe beweist, Gärtner gefusst, wenn er (Vers. u. Beob. über die Befruchtungsorgane 1844 S. 157 und 606) ungenau sagt, Lamarck habe zuerst an dem Spadix von *A. maculatum* (und später auch an *A. italicum*) seine Entdeckung gemacht.

Leider befindet sich die unrichtige Angabe, dass die Blüthenwärme an *A. maculatum* entdeckt sei, auch in dem „Handbuch der Physiologie“ von Pfeffer (Bd. I S. 409) zugleich mit verfehlter Band- und Jahreszahl im Citat.

Auch hinsichtlich der Jahreszahl ist nicht überall die nöthige Genauigkeit beobachtet. So giebt Neugebauer (De calore plantarum. Diss. inaug. Vratislaviae 1845 p. 9) rund das Jahr 1780 als Entdeckungsjahr. Nach Hoppe (Nova Acta T. XLI P. 1 S. 199) hat es den Anschein, als ob Lamarck seine Beobachtung erst 12 Jahre hinterher veröffentlicht habe. Noch unrichtiger aber ist, wenn Hoppe die Priorität der Entdeckung der Aroideenwärme für Gmelin in Anspruch nehmen will. Bekanntlich wurde die Selbsterwärmung des Kolbens von *Arum italicum* auch im Karlsruher botanischen Garten beobachtet. Gmelin sagt in der Flora badensis alsatica Tom. III Carlsruhae 1808 p. 585. „Incalescentiam Spadicis, durante fructificatione, de qua primus ill. Lamarck mentionem fecit, in nostra specie italica ultra octodecim annos in horto botanico Carlsruhano cum Schweyckerto hortorum inspectore observavi.“ Das wäre demnach etwa im Jahre 1790. Wie Hoppe (a. a. O. S. 204) dazu kommt zu behaupten, Gmelin-Schweykert wollten die Wärme „lange vor den Veröffentlichungen Lamarcks beobachtet haben“, ist, wie mir scheint, nur unter Annahme eines Uebersetzungsfehlers von seiner Seite, begreiflich. Die Autoren selbst sagen, wie man sieht, Nichts davon. Hoppe citirt jedoch aus zweiter Hand, nämlich nach Dutrochet

p. 65. Dort steht aber „bien long-temps avant eux (nämlich Gmelin-Schw.) par Lamarck“, also das gerade Gegentheil von dem, was Hoppe wiedergiebt. Herr Geheimrath Döll in Karlsruhe, den ich um biographische Ermittlungen über Gmelin gebeten, schreibt mir: „Gmelin ist im Jahr 1762 in Badenweiler geboren und erhielt in dem benachbarten Müllheim seinen in Realfächern wohl nicht weit ausgreifenden Mittelschul-Unterricht. 1778 bezog er die Universität Strassburg; Lamarck gegenüber kann also von Priorität jedenfalls nicht die Rede sein.“

Beiträge

zur

Kenntniss fossiler Hölzer

von

Gregor Kraus.

I. Hölzer aus den Schwefelgruben Siciliens. Mit einer Tafel.

II. Zur Diagnostik des Coniferenholzes.

I. Fossile Hölzer aus den sicilianischen Schwefelgruben.

Hierzu eine Tafel.

Durch die Bemühungen des verstorbenen Bergwerkdirectors Emil Stöhr und des Herrn Dr. Nocito in Girgenti sind in jüngerer Zeit eine Anzahl Pflanzenreste aus den schwefelführenden Schichten Siciliens gesammelt worden, theils Pflanzenabdrücke, theils bituminöse und verkieselte Hölzer.

Die Bearbeitung der Pflanzenabdrücke durch Geyler (*Palaeontographica* Bd. 23, S. 317) hat ergeben, dass die Flora der Schwefelschichten mit der fossilen Flora von Oeningen und Sinigaglia nahe verwandt ist: es finden sich da *Myrica, Alnus, Quercus, Cinnamomum, Juglans,* auch was uns besonders interessiren muss ein Pinuszapfen. Aber der Erhaltungszustand der Reste ist ein so überaus fragmentarischer, dass die Bestimmung derselben nicht in allen Fällen mit voller Ueberzeugung geschehen konnte.

Unter diesen Verhältnissen gewann die Untersuchung der Hölzer, so wenig versprechend auch im Allgemeinen derlei Untersuchungen sind, wenn es sich um Feststellung von Pflanzenspecies handelt, dennoch einige Bedeutung. Und in der That hat dieselbe, wie wir unten sehen werden, ein an Mannichfaltigkeit ungewöhnliches Resultat zu Tage gefördert, obwohl es sich fast nur um Nadelhölzer handelte. Ausser Cupressaceenhölzern, haben sich solche von Bäumen nachweisen lassen, welche dem Holzbau nach der Ceder, andere, welche unter den ächten *Pinus*arten der *Pinie* und dem *Pinus Pinaster* verglichen werden können. Endlich hat sich, was Geyler den Blättern nach nur vermuthen konnte, auch das Vorkommen eines *Juglans* mit voller Sicherheit herausgestellt.

Von den bestimmbaren 10 Holzstücken sind nämlich:

1. *Cupressoxylon.*
   - Form a, 2 Exemplare.
   - Form b, 1 Exemplar.

2. *Cedroxylon.*

C. affine je 1 Exemplar aus Cimicia und Girgenti.

3. *Pityoxylon.*

P. pineoides, 2 Exemplare.

P. pinastroides, 2 Exemplare.

4. *Juglandoxylon*, 1 Exemplar.

Von sämmtlichen Hölzern liess ich durch die Firma Voigt und Hochgesang in Göttingen Schliffe herstellen, die, in bekannter Eleganz ausgefallen, die Grundlage für die folgenden Bestimmungen bilden.

Das Nöthige über den äussern Habitus der Hölzer ist in dem speciellen Theile angegeben.

1. *Cupressoxylon* a.

Ein Paar kleine Stückchen, offenbar Fragmente ehemals eingewachsener Aeste, braun und bituminös zeichnen sich durch vorzügliche Structurerhaltung aus.

Auf dem Querschliff von etwa 6 mm Radius erscheinen 16 Jahrringe; diese, demnach sehr eng, sind gleich wohl aus zahlreichen Holzzellreihen gebildet. Die Holzzellen nur 16 μ weit, regelmässig viereckig, nur mässig dickwandig, von zahlreichen Harzzellen durchsät.

Die Engheit der Jahrringe, ihre gleichmässige Zusammensetzung, die Kleinheit der Holzzellen deuten, wie die gleich zu erwähnenden Markstrahlverhältnisse, unzweifelhaft anf Astnatur des Holzes. Im Radialschliff fallen zerstreute Hoftüpfel, feingestreifte Membranen und in den Harzzellen reichliche Harztropfen auf. Länge der letzteren 135—225 μ. Am auffallendsten sind die Markstrahlverhältnisse des Tangentialschnitts: Zahl und Aufbau derselben. Auf einem □ mm sind — eine ausserordentlich hohe Zahl — 141 Markstrahlen (Mittel aus 10 Beobachtungen). Ebenso auffallend ist die Höhe der Markstrahlen fixirt. Die höchste Höhe der Markstrahlen ist 5 Zellen; nur einige wenige sind 4 und 1 Zelle hoch, etwas mehr 3 zellig — aber weitaus die meisten sind 2 zellig (unter obiger Gesammtzahl nicht weniger als 109).

In der grossen Anzahl der Markstrahlen erinnert unser Holz am ersten an die Gattungen *Biota* und *Juniperus*, bei denen Essner annähernd hohe Zahlen gefunden hat, und die sich dadurch in einen gewissen Gegensatz zu *Cupressus* und *Thuja* stellen (Essner, Ueber den diagnost. Werth der Markstrahlen. Abh. Naturf. Ges. Bd. XVI, Sep. Abdr. S. 7). Dagegen steht dasselbe in der absoluten Prävalenz der Zweizahl unter diesen nach meinen Erfahrungen ganz einzig da.

Wollte man unser Holz mit einem specifischen Namen belegen, so wäre die Bezeichnung *Cupressoxylon biradiatum* gewiss passend; vielleicht ist es aber eben so gut nur ein Ast des folgenden Holzes.

2. *Cupressoxylon* b.

Ein leichtes, tiefbraunes, etwa 1 dm langesStückchen, durch Schwemmen an den Kanten abgerundet, ursprünglich in grauen Mergel eingebettet. Auf dem geglätteten Querschnitt mit der Lupe ungefähr 30—40 Jahrringe auf 1 cm Radius zeigend.

Die Jahrringe sind der Regel nach aus 12—20 Radialreihen, aber auch aus weniger (bis 5) zusammengesetzt, der Uebergang von Frühling- in Herbstholz ganz allmählich; Durchmesser der Holzzelle 22 μ. — Harzzellen überaus häufig, besonders im mittleren Theil des Jahrrings. Harzgänge fehlen gänzlich.

Im Radialschliff sind einreihige Hoftüpfel der mitunter spiralig gestreiften Holzzellen, und Gleichartigkeit der Markstrahlen zu verzeichnen.

Im Tangentialschliff fallen häufige Tangentialtüpfel in den Herbstzellen auf. Die Häufigkeit der Markstrahlen ist 100; die Höhe gewöhnlich 1—6, aber auch bis 14. Höhe der Markstrahlzellen 18 μ.

Aus dem Vorstehenden erhellt, dass unser Holz, den bestehenden Grundsätzen zu Folge, nicht mit dem unter a genannten zusammengeworfen, d. h. identificirt werden darf, wenn wir auch wissen, dass die abweichenden Merkmale nicht berechtigen, es mit Bestimmtheit als „specifisch“ verschieden anzusehen. Vielleicht aber darf das letztgenannte Holz als identisch betrachtet werden mit dem, welches Conwentz (Flora 1879 S. 488—490) aus den Schwefelgruben von Comitini beschrieben hat und dem *Cupr. pachyderma Göpp.* verwandt betrachtet.

3. *Cedroxylon affine* Kraus.

a) Aus Cimicia stammt ein sehr schönes, tiefbraunes, mit überaus klarer Holzstructur versehenes Schalenstück, das fast 3 dm lang und 2 dm breit ist; es lässt nicht bloss äusserlich eine feinfaserige Holzstructur, schmale zahlreiche Jahrringe und auf der Radialfläche die Spiegel erkennen, anch das Innere ist von trefflichster Erhaltung.

Mikroskopischer Befund.

Die im Querschliff prächtig hervortretenden Jahrringe lassen sich nicht wohl messen, weil nur das Herbstholz völlig in Lage erhalten, das Frühlingsholz aber so zusammengedrückt ist, dass seine Markstrahlen und radialen Holzzellreihen schief gegen die des Herbstes stehen. Wo der Jahrring klar vorliegt, besteht er deutlich

aus zwei allmählich ineinander übergehenden Zonen, den bekannten Frühlings- und Herbstzonen. Die Holzzellen erscheinen alle dickwandig, ihre Wände sind wohl erhalten, braun und glänzend, die tangentiale Breite ist 18,8 μ. In den Herbstzellen zeigen auf 6—8 Tangentialwänden die Tangentialtüpfel. In der Längsansicht zeigen die Holzzellen einreihige Tüpfel der gewöhnlichen Art in lockern Reihen, selten sich berührend. Der Durchmesser des Tüpfelhofes ist 16,8 μ im Mittel. Die Markstrahlen zeigen radial und tangential gesehen folgende Verhältnisse: Anzahl derselben auf einem □ mm = 49,5; Höhe derselben in Zellenzahl 2—7, auch 9—16, höchste gefundene Zahl 25. Unter den einreihigen findet sich mitunter auch ein zweireihiger. Senkrechte Höhe einer Zelle 19 μ. Die Radialwände sind gewöhnlich mit zwei kleinen Eiporen gewöhnlicher Art versehen; unter sich sind die Zellen mit spärlichen kleinen Poren versehen. Obere und untere Grenzzellen dünnwandiger, unter sich mit Tüpfeln versehen.

---

b) Hierher rechne ich auch ein Holz, welches ich nebst zugehörigen schönen Schliffen meinem verehrten Collegen, Professor Grafen zu Solms-Laubach in Göttingen verdanke und das derselbe aus den Schwefelgruben in der Nähe des Bahnhofs von Girgenti mitgebracht hat. Dasselbe ist etwa 2 dm lang, von deutlicher Holzstructur und aussen mit gelbweissen schwefelhaltigen Gesteinsmassen überzogen. Der Erhaltungszustand zeigt sich auf dem Querschliff weniger gut als beim vorigen. Man erkennt zwar sofort die Coniferenholzstructur, aber Holzzellreihen und Markstrahlen sind schief gedrückt, die Holzzellen zeigen, wo sie gut erhalten sind, innerhalb der scharf hervortretenden Intercellularsubstanz eine sehr schön geschichtete, aber bis zum Verschwinden des Lumens verquollene Wand. Ein auf dem Querschnitt scheinbar vorhandener Harzgang ist weder als solcher ganz sicher, noch wahrscheinlich, da weder sonst auf der ansehnlichen Querschnittsfläche, noch auf dem Tangentialschliff die Andeutung eines solchen hervortritt. — Harzführende Zellen sind auf keinem Präparat zu ermitteln.

Auf dem Radialschliff tritt an den Holzzellen vor Allem eine überaus hübsche, zarte Spiralstreifung hervor, die Tüpfel sind einreihig (15—16 μ Hofdurchmesser zeigend), theils isolirt, theils in Reihen dichter oder lockerer gestellt. Die Markstrahlzellen, wie vorher, zweierlei Art, die mittleren mit einfachen kleinen Poren, die untern und obern niedriger und gestreckter unter einander durch Hoftüpfel verbunden. Im Tangentialschnitt sind die Markstrahlen einreihig, im Mittel 5—7, aber auch 15—20 Zellen hoch.

Nach dem Mangel an Harzgängen und Harzzellen gehört unser Holz in den Bautypus, der in *Abies* am reinsten repräsentirt wird und von mir als *Cedroxylon* bezeichnet worden ist. Die weitere Unterscheidung reiht unsere Hölzer unter die 2. Abtheilung der Abietinenform, und die nicht übermässig zahlreich porösen Markstrahlen deuten geradezu auf *Cedrus* hin (Mikr. Unters. a. a. O. S. 173.)

Ich bin freilich weit entfernt zu glauben, dass durch das Zusammentreffen dieser Merkmale mit denen des eben genannten Baumes unser Holz als ein wirkliches Cedernholz sicher gestellt ist, es wird wohl noch mehr Hölzer als die der ächten Ceder geben, die den angeführten Bau haben. Gleichwohl darf ich nicht unterlassen darauf hinzudeuten, dass unsere Hölzer auch noch in Anderem als dem bereits hervorgehobenen mit dem Cederholz übereinstimmen. So in der Häufigkeit der Markstrahlen. Auf einen □ mm gehen Markstrahlen

beim Holz von *Cimicia* 49,5,
beim Cedernholz fand ich 52,0.

Die Grösse der Markstrahlzellen ist

bei a 19 μ,
bei b 20 μ,
beim Cedernholz 20 μ.

Wenn ich in dem Vorstehenden eine gewisse Verwandschaft unseres Holzes mit dem Cedernholze beweisen wollte, so darf ich schliesslich nicht unerwähnt lassen, dass die Angaben Möller's*) über das Cedernholz völlig unzutreffend sind. Es ist weder richtig, dass die Markstrahlen „niemals über 10 Zellen hoch“ sind, noch fehlen den Holzzellen die spiralige Streifung oder die Spaltentüpfel; die stärkere Wandverdickung der Holzzellen gegen die Markstrahlen ist weder dem Cedernholz eigen, noch überhaupt irgendwo ein constantes Merkmal.

4. *Pityoxylon pineoides* Kraus.

Taf. I Fig. 1—3.

Von den zwei hierher gehörigen Holzstücken ist das eine (collezione Nocito n. 16) ein exquisites Schalenstück, das verkieselt, zum grossen Theil steinartig fest, am einen Ende aber, wo es zugleich einen eingewachsenen Ast zeigt, zerfasert dasselbe, wie ein in Wasser zu Grunde gehendes Stück in seine Elemente; auf der convexen Tangentialfläche ist es mit dünner Gips- bezw. Schwefelkruste überzogen; — das

*) Möller, Beitr. z. vergl. Anatomie des Holzes. Wien 1876, S. 12—13.

andere (coll. Nocito n. 14) ist ausserordentlich grobfaserig und zeigt auf den Radialflächen weite Jahrringe mit sehr deutlichen hellen Frühlings- und dunklen Herbstzonen. Es ist gleichfalls verkieselt. Auf dem Tangentialbruche sind häufig geradlinig verlaufende feine Streifen centimeterweit zu verfolgen; ihre Dimension, ihr regelmässiger Längsverlauf, ihre deutlich von der Umgebung differente Substanz (Inhalt) lassen sofort in ihnen Harzgänge vermuthen. Einmal konnte ich aus ihnen deutliche Parenchymzellen herauspräpariren.

Von den beiden Hölzern ist das erst genannte weitaus am besten erhalten; wir wollen uns bei der Beschreibung desshalb zunächst an dieses halten und nachträglich vom zweiten nur soviel anführen, dass dessen Identität bewiesen wird.

Mikroskopischer Befund.

Auf dem Querschnitt, der radial etwa 14 mm Durchmesser hat, befinden sich ausserordentlich klar 22 Jahrringe, von allerdings sehr wechselndem Durchmesser; während der breiteste etwa ½ mm Durchmesser hat, ist der schmalste bloss (radial) 6 Zellen breit. In allen Jahrringen fallen zahlreiche, weite Harzgänge von rundem Durchmesser auf.

Die nähere Betrachtung zeigt, dass der Jahrring aus einer weicheren Frühlingszone besteht, die ganz allmählich in die dickwandige Herbstzellzone übergeht. In der ersten sind die Radialreihen und Markstrahlen durch Druck, dem das Holz beim Versteinerungsprocess ausgesetzt war, wie so oft bei fossilen Hölzern, (zum Radius) verschoben.

Die Holzzellen sind ausserordentlich schön erhalten, die Wände innen scharf begrenzt, die Substanz erscheint homogen, da und dort prächtig geschichtet, bernsteingelb, die Intercellularsubstanz ist tief braun gefärbt nnd so scharf erhalten, wie nur je bei einem lebenden Holze (Taf. I Fig. 1). Die Querschliffe von Radialtüpfeln sind häufig zu sehen, dagegen gelang es mir nicht, trotz vielfachen Suchens an den sehr gut erhaltenen Querschliffen der Herbstzellen, Tangentialtüpfel wahrzunehmen. Der Innenraum der Holzzellen ist mit Kieselmasse homogen ausgefüllt. Der mittlere tangentiale Durchmesser der Holzzelle beträgt 27 μ. Die Markstrahlzellen bieten keine Besonderheiten, ihr Querdurchmesser geht von 11—16 μ. Besonders schön sind die Harzgänge erhalten; sie sind von den bauchigen Epithelzellen öfter völlig erfüllt; die umgebenden Holzzellen erscheinen vielfach aus dem Verband isolirt und dickwandiger als die übrigen, als ob sie in „Harzdegradation“ begriffen gewesen. Der Durchmesser der Harzgänge geht von 137—274 μ.

Der Radialschliff lässt noch erkennen, dass in der Umgebung der dünnwandigen etwa isodiametrischen Harzepithelzellen auch ein Kranz dickwandiger länger gestreckter Parenchymzellen liegt, ähnlich, wie ich sie bei *Pinus alba, Pinea* unter den lebenden Nadelhölzern gefunden (Mikrosk. Untersuchungen a. a. O. S. 178). Diese Zellen sind 157—293 μ lang; die einreihigen Hoftüpfel lassen nichts Besonderes erkennen; ihr mitlerer Hofdurchmesser ist 16,8 μ. Die Markstrahlen sind theils einfache, theils solche, die einen Harzgang einschliessen. Die Häufigkeit derselben ist 56 (Zahl auf dem □mm im Tangentialschnitt); die Höhe derselben im Mittel 20 μ; die Anzahl der übereinanderstehenden Zellen 1—17, gewöhnlich 5—10. Von ganz besonderem Interesse ist die Wandbildung der Markstrahlzellen (Taf. I Fig. 2). Die mittleren Zellen der Markstrahlen haben auf den senkrechten Radialwänden 2—4 Eiporen mittlerer Grösse, unter sich sind sie mit kleinen gewöhnlichen Poren versehen; die unteren und oberen Zellen des Markstrahls sind dünnwandiger, oft mehr quadratisch und sehr charakteristisch unter sich mit Hoftüpfeln versehen.

Hinsichtlich des zweiten Holzes füge ich nur einige Daten hinzu; bei dem schlechteren Erhaltungszustand desselben sind die Structurverhältnisse nicht immer mit gleicher Leichtigkeit, wie beim vorigen, festzustellen. Die starke Compression der Zellen erlaubte nur an wenigen Stellen ihren tangentialen Durchmesser zu erkennen; er ist 30 μ, also dem der vorigen nahezu gleich. Die Harzgänge wurden deutlich erkannt. Auf dem Radialschliff wurden an den Markstrahlzellen die Eiporen zu ein bis mehreren, von den Grenzzellen oben und unten mit Sicherheit der Mangel an Zacken festgestellt. Die Höhe der Markstrahlen ist gewöhnlich 8—12 Zellen, doch wurden auch 16 gezählt.

Bestimmung der Hölzer.

Dass wir in Vorstehendem ächte *Pinus*-Hölzer, also *Pityoxylon* vor uns haben, erhellt aus dem Vorkommen der senkrechten und horizontalen Harzgänge zweifellos; es ist ferner ersichtlich, dass wir unter den *Pinus*-Hölzern diejenige Abtheilung vor uns haben, die durch Mangel zackiger Verdickungen in den unteren und oberen Markstrahlzellen und durch Hoftüpfel an denselben ausgezeichnet sind. Unter den jetzt lebenden Mediterrankiefern hat dieser Bautypus einen Vertreter in der *Pinie*.

Eine Vereinigung unserer Hölzer mit einem bereits beschriebenen ist un-

möglich; keines der bisher beschriebenen Hölzer ist so genau in seinen Bauverhältnissen erkannt worden. Soll unser Holz einen Namen tragen, so mag der oben gegebene nicht unpassend erscheinen.

5. *Pityoxylon pinastroides* Kraus.

Es sind zwei kleine Holzfragmente, kaum 2—3 cm lang und entsprechend breit, Bruchstücke von der gewöhnlichen braunen Farbe, das eine (n. 3 bezeichnet) bituminös, das andere (von *Mancini* gesammelt) zugleich verkieselt und deutlich grobfaserig. Aeusserlich ist an denselben weiter Nichts zu erkennen; ihre Structur dagegen ist sehr wohl erhalten, so dass sie einer genaueren Bestimmung fähig sind.

Die Jahrringe treten zwar auf dem Querschliff sehr deutlich hervor, sind jedoch so sehr zusammengepresst, dass eine Bestimmung ihrer Weite unthunlich ist; gewöhnlich sind sie 12—20 Zellschichten breit, die Herbstzellen nur mässig verdickt. Der mittlere tangentiale Durchmesser wurde bei n. 3 auf 24 μ, beim zweiten Holz auf 26 μ bestimmt. Die Harzgänge sind nicht gerade häufig, aber sicher bei beiden Hölzern vorhanden, freilich zusammengepresst. Die Markstrahlzellen zeigen auf dem Querschliff nur die gewöhnlichen kleinen Poren.

Im Radialschliff haben die Holzzellen schöne Streifung, einreihige Hoftüpfel. Die Markstrahlzellen der Mitte haben unter sich sehr zahlreiche kleine Poren, so zahlreich, dass die Wände wie knotig erscheinen, gegen die Holzzellen 1—2—4 mittelgrosse Poren. Die oberen und unteren Zellen — und zwar nicht eine, sondern mehrere Reihen derselben — haben die bekannten zackigen Verdickungen (Taf. I Fig. 4).

Im Tangentialschliff zeigen sich einfache und harzgangführende Markstrahlen, die ersteren bis 14 Zellen, gewöhnlich 6—10 Zellen hoch.

Durch die oben genannte zackige Verdickung der Markstrahlengrenzzellen unterscheidet sich das vorliegende *Pityoxylon* wesentlich von dem vorigen; es kommt dadurch in eine andere Hauptabtheilung des Kiefernbautypus zu stehen, den Typus, der unter den lebenden Coniferen durch *Pinus brutia, maritima* und besonders *Pinaster* repräsentirt wird.

Um die Verwandtschaft mit diesen lebenden Typen anzudeuten, kann das Holz, das mit keinem bereits beschriebenen identisch ist, eventuell *Pityoxylon pinastroides* heissen.

6. Das *Juglans*-Holz.

Unter den Hölzern findet sich schliesslich ein unscheinbares Stück, dessen Besttimmung mir anfänglich, seines schlechten Erhaltungszustandes wegen, unmöglich erschien: es ist durch und durch von gelblichen Gesteinsmassen durchzogen und wo die spärliche Holzsubstanz erhalten ist, diese dem Anschein nach gänzlich vermulmt.

Die genaue Durchmusterung ergab aber nach und nach einige feste Anhaltspunkte, nach denen sich das Stück als Laubholz deuten liess. Die Herstellung einer grösseren Anzahl Schliffe ermöglichte soviel Daten zu finden, dass das Holz mit Sicherheit als ein Juglandeenholz erkannt werden konnte. Diese Thatsache lässt sich aus dem Holzbau allein mit voller Sicherheit feststellen; sie ist um so erfreulicher, als — wie ich erst nachträglich bemerkte — bereits Geyler Blattfragmente beschrieben, die er glaubt zu *Juglans* rechnen zu dürfen (seine *Juglans vetusta Heer* a. a. O. Taf. II Fig. 7 (8)). Seine noch mit einigen Zweifeln vorgetragene Bestimmung (a. a. O. S. 11 des Sep. Abz.) erhält durch unsere ganz sichere Constatirung der Juglandeen eine feste Stütze.

Mikroskopischer Befund.

Auf dem Querschnitt fallen zwischen den Holzzellen, die eine mehr oder wenig gleichmässig braune Masse darstellen, durch ihre viel tiefer braune Farbe zunächst die Markstrahlen, dann das Holzparenchym auf. Die ersteren bilden, wie das so häufig bei fossilen Hölzern der Fall und wiederholt abgebildet ist (vgl. z. B. Merklin, *Palaeodendrol. ross.* Taf. I, 6; Taf. IX, 1; Taf. XII, 4) schief gedrückte und zickzackförmig gebogene Linien, seltener eine, gewöhnlich mehrere Zellen breit und zwischen ihnen liegen sehr häufig einreihige Querbinden von Parenchym, die wie die Markstrahlen durch tiefbraunen Inhalt sich abheben. Diese tangentialen Parenchymbinden sind durch etwa 3—5 oder mehr Holzzellreihen von einander getrennt, und nicht an die Gefässe gebunden, obwohl auch um letztere Parenchym vorkommt. — Die Gefässe selbst sieht man erst bei näherer Musterung, überall völlig platt gedrückt, oft zugleich S-förmig gebogen. Dieselben liegen, soweit sich auf einem etwa 1 cm grossen Querschliff sehen lässt, gleichmässig vertheilt, gleich weit, meist einzeln, aber auch nicht selten zu 2, 3 und mehr in radialen Reihen. In letzterem Fall sind sie deutlich enger als beim isolirten Auftreten: die Wand erscheint oft noch stark lichtbrechend, gelblichweiss, der Innenraum ist mit braungelber homogener Masse erfüllt. Die Holzzellen endlich zeigen nirgends mehr

ihren natürlichen Querschnitt, die (sonst gut erhaltenen) Wände sind aufeinander gepresst und ihr ganzer Contur S-förmig gebogen.

An guten Stellen von Längsschliffen konnte ferner ermittelt werden, dass die Gefässe aus Gliedern von im Mittel 462 μ Länge bestehen (die Weite konnte aus oben angegebenen Gründen nicht sicher erhoben werden), dass ihre Enden mehr oder weniger quer abgeschnitten und rund durchbohrt sind. Die Wände sind mit dichtstehenden grossen polygonalen Hoftüpfeln besetzt. Der Durchmesser des Tüpfelhofes ist etwa 11,9 μ; der Spaltporus etwa 7 μ lang und 2 μ breit. Die mit zahlreichen kleinen Poren versehenen Parenchymzellen sind im Mittel 67,8 μ lang.

Die Verhältnisse der Markstrahlen, soweit sie erhalten, bieten sich am besten auf dem Tangentialschnitt; die Anzahl derselben auf dem Gesichtsfeld (Zeiss C/3) stellte ich auf 12—15, die Länge eines Markstrahls im Mittel auf 317 μ fest. An dieser Höhe nehmen etwa 20—27 Zellen Theil, die Breite ist 2—5 Zellen. Einreihige Markstrahlen daneben sind 5—14 Zellen hoch gefunden. Als eine Eigenthümlichkeit der Markstrahlzellen mag hervorgehoben werden, dass sie, obwohl meist mehrreihig, häufig ganz plötzlich nach oder unten einreihig werden. Der schon oben erwähnte tiefbraune Inhalt der parenchymatischen Zellen tritt so gleichmässig in allen Zellen und unter jeglichem Erhaltungszustand auf, dass man sofort den Eindruck erhält, derselbe müsse durch normale Inhalte, schon vor der Fossilificirung der Stücke, bedingt werden.

Bestimmung des Holzes.

Von den vorstehend aufgeführten Merkmalen unseres Holzes ist keines charakteristischer, als die zahlreichen einreihigen Parenchymbinden zwischen den Markstrahlen; sie sind es vorzüglich gewesen, welche die sichere Bestimmung des Holzes ermöglichten; freilich im Zusammenhalt mit einigen andern, nämlich: Vertheilung der runddurchbohrten grosstüpfeligen Gefässe und Mehrreihigkeit der Markstrahlen.

Bei der Vergleichung lebender Hölzer kam ich durch einen glücklichen Griff sehr bald auf ein Holz, das auf den ersten Blick die grösste Verwandschaft verrieth: das Holz von *Juglans regia*. Zur Untersuchung diente mir ein Stück Holz, das gewiss von einem Stamm herrührte, dessen Alter ich aber nicht mehr bestimmen konnte. Eine kurze Beschreibung desselben wird die überraschende Uebereinstimmung zeigen:

Die Hauptmasse des Jahrrings besteht aus mässig verdickten Holzfasern; zwischen denselben sind die mässig weiten Gefässe ziemlich gleichmässig eingesprengt.

Der Durchmesser der Letzteren ist im Frühling allerdings etwas, aber nicht sehr auffallend grösser als später. Die Gefässe liegen dort mehr einzeln, im Herbstholz radial gereiht. Die Gliedlänge der runddurchbohrten Gefässe wurde zu 449 μ gefunden. Die grosspolygonalen mit Spaltporus versehenen Hoftüpfel sind denen des fossilen Holzes an Grösse genau gleich. Ganz auffallend gleich sind die tangentialen einreihigen Parenchymbinden nach Häufigkeit und Zellgrösse. Die Markstrahlen zeigen (bei Zeiss C/3) die Häufigkeit 12—15, Grösse im Mittel 359 μ. Höhe der einreihigen Markstrahlen 4—16 Zellen. Ganz auffallend stimmt auch die tiefbraune Färbung des Innenraums der Markstrahl- und Holzparenchymzellen; dadurch werden bekanntlich beim Wallnussholz schon für die Lupe im Holze ausserordentlich regelmässige Querbindchen zwischen den Markstrahlen sichtlich.

Selbst bis in's Kleine hinein ist Uebereinstimmung vorhanden. So z. B. habe ich beim fossilen Holz mehrmals sehr augenfällig auf den horizontalstehenden Wänden der Holzparenchymzellen beobachten können, dass sie mit zahlreichen feinen Poren, besonders gern am Rand (gegen die senkrechten Wände) besetzt sind. Ganz das Gleiche hat bei *Juglans* statt.

Wenn andere beim lebenden Holze hervortretende Merkmale, wie die Vertheilung der Gefässe u. s. w. am fossilen Holze weniger hervortraten, so darf das wohl mit Recht auf den Mangel an Beobachtungsmaterial beim fossilen Holze geschoben werden.

Nach Vorstehendem kann es nicht dem leisesten Zweifel mehr unterliegen, dass unser fossiles Holz mit dem von *Juglans* nahe verwandt, wenn nicht gar identisch ist.

Der Bau, wie er eben für *Juglans regia* beschrieben worden, kommt, soweit meine Untersuchungen reichen, auch *Juglans cinerea* und *nigra L.* zu; greifbare Differenzen habe ich nicht gefunden — wenigstens nicht solche, die nicht auch für individuelle Abweichungen genommen werden könnten. Auch *Pterocarya caucasica* weiss ich nach meinen, allerdings nur an jungem Holz gemachten, Erfahrungen, wie nach der Betrachtung des Nördlinger'schen Querschnittes (Bd. VIII) nicht recht zu trennen.

Dagegen unterscheidet sich die Gattung *Carya* Nutt. merklich. Ich habe *Carya alba Nutt.* und *myristicaeformis Nutt.* vergleichen können. Sie sind durch stärkere Markstrahlen, durch im Frühling auffallend weitere und zahlreichere Gefässe, ganz besonders aber durch 2—3reihige Holzparenchymbinden unterschieden.

Dass diese und vielleicht auch andere Merkmale (z. B. die dicke der Holzzellwände) zwischen *Juglans* einer- und *Carya* anderseits constant vorkommen und

diagnostisch brauchbar seien, wird mir wahrscheinlich, weil auch Nördlinger (Holzquerschnitte Bd. IX S. 51 und 73) die beiden Gattungen auseinander hält; ähnlich Wiesner (Rohstoffe des Pflanzenreichs 1873 S. 614 Fig. 79). — Nicht unbemerkt mag bleiben, dass Sanio (Bot. Ztg. 1863 S. 405 n. 98—100) 2 *Juglans*-Arten und *Pterocarya* unterschiedslos neben einander stellt.

Man darf darnach annehmen, dass unser Holz einer ächten *Juglans* angehört habe. *Juglans vetusta* Heer, deren Blattvorkommen Geyler, wie oben bemerkt, in den schwefelführenden Schichten wahrscheinlich macht, ist ja gleichfalls eine ächte *Juglans*; und wenn *J. vetusta* Heer, wie Schimper (Phytopaléont. III, 241) will, eine Form von *J. acuminata A. Br.* ist, dann steht sie erst recht unserer *Jugl. regia* nahe.

Um jeden Zweifel an der Zusammengehörigkeit unseres Holzes mit *Juglans* zu beseitigen, will ich noch kurz hervorheben, wie sich die Hölzer der andern bis jetzt aus den schwefelführenden Schichten bekannten Pflanzen unterscheiden würden. Ich werde dabei nur einige Hauptcharactere hervorheben.

Von Geyler werden (a. a. O. S. 8) folgende Dicotylen aus den Schichten aufgeführt: *Myrica, Alnus, Quercus, Laurus, Diospyros?, Celastrus?, Berchemia, Juglans, Caelsalpinia, Robinia?* und *Acacia?*

Die Hölzer dieser Pflanzen differiren sofort in folgender Weise: *Myrica* und *Alnus* haben leiterförmig durchbrochene Gefässe.

Diospyros einreihige, *Quercus* die bekannten colossalen Markstrahlen. *Celastrus* und *Laurus* fehlt Bandparenchym; *Caesalpinia* und *Robinia* haben breite Parenchymbinden u. s. w. —

Es bleibt uns nun noch übrig, über die Namengebung unseres Holzes schlüssig zu werden.

Unger hat in der Synopsis plant. foss. (Lips. 1845 p. 241) ein Wallnussholz, *Juglandinium* Ung., aus dem Tertiär (?) von Lesbos beschrieben und die Diagnose ist in den Gen. et spec. plant. foss. Vindob. 1850 p. 472 wiederholt und ein Fundort „Neugrad in Ungarn“ hinzugefügt.

Seine Diagnose lautet:

„Ligni strata concentrica ultra lineam lata, minus conspicua. Radii medullares homomorphi, conferti, corpore brevi, e cellulis 1—3 serialibus formati. Vasa porosa magna, copiosa brevi- articulata vacua, solitaria vel binatim connata, aequabiliter distributa. Cellulae ligni prosenchymatosae, amplae, leptotichae interdum septatae.“

Man kann gerade nicht sagen, dass diese Diagnose die wesentlichen Merkmale

eines *Juglans*holzes wiedergäbe; diese allgemeinen Angaben passen wohl auch auf manche andere Hölzer. Der genauere Charakter müsste nach Obigem etwa so lauten:

„Vasa, ut videtur, inter strata ligni concentrica minus conspicua fere aequabiliter distributa, copiosa, in strati parte interiore solitaria ampliora, angustiora in parte exteriore ibique saepe bi-quaternatim concatenata, foramine rotundo, maculis magnis polygonis. Cellulae ligni prosenchymatosae mediocriter pachytichae, parenchymatosae fascias tangentiales uniseriales creberrimas formantes. Radii medullares homomorphi, conferti, corpore brevi, e cellulis in lat. 1—5, in longitudine 20—30 formati.

Da, wie man sieht, gerade die wesentlichen Merkmale des *Juglans*-Holzes in der Unger'schen Diagnose fehlen, so ist nach dieser selbst nicht sicher zu stellen, ob Unger thatsächlich ein Wallnussholz vor sich hatte; das könnte nur durch Untersuchung seines Originals eruirt werden. Für die generische Bezeichnung unseres Holzes ist das allerdings ohne Belang, nicht aber für die specifische, bezw. Identificirung unseres Holzes mit dem seinigen. Wir müssen zweifellos unser Holz *Juglandinium* oder *Juglandoxylon* nennen; ob wir aber den, sonst wohl passenden, Namen *J. mediterraneum* an unser Holz setzen dürfen, muss dahin stehen.

Erklärung zu Tafel I.

Fig. 1—3. *Pityoxylon pineoides* Kr.

Fig. 1. Querschnitt des Holzgewebes; Harzgang; Gewebe in der Umgebung des letzteren zerstört (verkient?).

Fig. 2. Kleiner Theil einer Radialansicht der Markstrahlen, die Ungleichheit derselben zeigend.

Fig. 3. Tangentialschnitt: einfache und zusammengesetzte Markstrahlen.

Fig. 4. Markstrahlen von *Pityoxylon pinastroides* Kr. mit den zackigen äusseren Zellen.

II. Zur Diagnostik des Coniferenholzes.

In meinen „Mikroskopischen Untersuchungen“ (Würzburger Naturw. Zeitschr. Bd. V S. 144 ff.) habe ich die Merkmale des Coniferenholzes, die bis dahin zur Unterscheidung fossiler Nadelhölzer Anwendung gefunden, einer neuen Prüfung und Beurtheilung unterzogen. Ich hatte darauf aufmerksam gemacht, dass man unterscheiden müsse zwischen **absoluten**, constanten und desshalb unter allen Verhältnissen zuverlässigen diagnostischen Merkmalen und andrerseits **relativen**, **variabeln**, deren übermässiger und unvorsichtiger Gebrauch leicht zu Irrthümern führe.

Unter die **erstern** Merkmale rechnete ich von den Holzzellen die Tüpfelstellung (Unterscheidung der *Araucarien*), vom Holzparenchym massenhaftes oder spärliches Vorkommen (Scheidung der *Cupressaceen* und *Abies*-Arten), Vorkommen der Harzgänge (*Pinus*-Arten), von den Markstrahlen besonders den Wandbau (gewisse *Pinus*-Abtheilungen).

Unter den **relativen**, variabeln Merkmalen zählte ich auf: Weite oder Enge der Jahrringe, Weite oder Enge und Wanddicke der Holzzellen, die Anzahl der Tüpfelreihen, und insbesondere die Höhe der Markstrahlen.

Ich konnte mich dabei neben meinen eigenen Erfahrungen ganz besonders auf die gründlichen Darstellungen **Mohls** (Bot. Ztg. 1862) und seine in dieser Hinsicht ergangenen Warnungen (a. a. O. S. 273 Anm.) berufen. In specieller Anwendung auf fossile Hölzer war es mir möglich gewesen zu zeigen, dass wenn man bei einem und demselben Braunkohlenholz eine schulrechte Diagnose des Stammes und eines daran sitzenden Astes entwirft, diese beiden sich ausnehmen wie die Beschreibungen zweier weit verschiedener „Species“ (a. a. O. S. 185—187).

In den nahezu 20 Jahren, die seitdem verflossen, ist an dem damals gewonnenen Thatbestand kaum etwas geändert, wohl aber ist immer wieder versucht worden, von den von mir als unzuverlässig bezeichneten relativen Merkmalen diagnostischen Gebrauch zu machen, theils unter einfacher Ignorirung oder Unkenntniss der vorhandenen entgegenstehenden Literatur, theils mit Anführung scheinbarer Beweismittel.

Unter den Bestimmungselementen des Nadelholzes, den Holzzellen, dem Holzparenchym, den Harzgängen und Markstrahlen sind es speciell die ersten und letzten, welche viele sog. relative Merkmale darbieten und aus ihnen ist es auch vor Allem versucht worden, Anhaltspunkte zur Diagnosticirung von Hölzern zu nehmen.

Gestützt auf eigene weitere Erfahrungen, besonders aber auf die genauen und hinreichend ausführlichen Arbeiten zweier Schüler, des Herrn Dr. Ew. Schultze*) und Dr. Benno Essner**) soll es Aufgabe der folgenden Blätter sein, die Berechtigung der verwandten Merkmale abermals zu prüfen.

In erster Linie soll gezeigt werden 1. dass die zur Diagnostik herbeigezogenen relativen Merkmale zwar mancherlei Anhaltspunkte bieten, wie für die meisten Fälle schon früher von mir hervorgehoben war, 2. dass sie aber nicht ohne Weiteres, sondern nur unter Erfüllung bestimmter Voraussetzungen angewandt werden können; Voraussetzungen, über die man sich bisher in den wenigsten Fällen die nöthige Klarheit verschafft hatte.

Diese relativen Merkmale sind nämlich nur unter genauer Kenntniss der Abstammung eines Holzfragmentes, und unter Aufwendung eines reichen, möglichst verschiedenen Quellen entstammenden Materiales zu gebrauchen. Um beispielsweise die Grösse der Holzzellen, oder die Höhe der Markstrahlen als „specifische" Unterscheidungszeichen anwenden zu können, ist nöthig

1. Kenntniss des Organs, aus welchem das Holz stammt, ob es Wurzel-, Stamm- oder Astholz ist;

2. Kenntniss des Jahrringalters — also Lage des Holzfragmentes innerhalb des Stammquerschnittes;

3. genau genommen auch Kenntniss der Höhe, aus welcher im Stamm oder der Wurzel das Holz entnommen.

4. Kenntniss der Variationen verschiedener Individuen, d. h. also Kenntniss möglichst vieler unter verschiedenen Verhältnissen erwachsener Hölzer derselben Art, am besten von verschiedenen Fundorten.

Je genauer man über diese 4 Punkte unterrichtet ist, mit um so grösserem Erfolg können diese relativen Merkmale gehandhabt werden; je weniger über sie bekannt ist, um so unsicherer sind die aus relativen Merkmalen gezogenen Schlüsse.

In zweiter Linie soll gezeigt werden, dass diese und andere relative Merkmale, die bisher nicht regelmässig oder gar nicht benutzt worden sind, unter Beachtung vorgenannter Cautelen manche gute Anhalte geben und dass es sich empfiehlt gewisse relative Merkmale regelmässig in die Holzdiagnose aufzunehmen. Es werden

---

*) Ueber die Grössenverhältnisse der Holzzellen bei Laub- und Nadelhölzern. Dissertation. Halle 1882.

**) Ueber den diagnostischen Werth der Anzahl und Höhe der Markstrahlen bei den Coniferen. — Abh. der Naturf. Gesellsch. zu Halle Bd. XVI.

auf diese Weise, die an sich ziemlich kahlen Charakteristiken an Fülle und Individualisirung gewinnen, und der späteren Identificirung beschriebener Hölzer wesentlich Vorschub geleistet.

Was ich in dieser Hinsicht schon jetzt — es wird sich gewiss später noch Mancherlei hinzufinden lassen — als wünschenswerth für die Aufnahme in die Holzdiagnose bezeichnen kann, ist:

I. Bei den Holzzellen:

1. Tangentiale Breite der Holzfasern, am besten in der Herbstholzschicht zu messen.

2. Grösse des Hoftüpfels; ich habe denselben in der Längsachse der Zelle gemessen.

3. Vorkommen oder Fehlen des Tangentialtüpfels.

II. Bei den Markstrahlen:

1. Häufigkeit derselben auf einem □mm des Tangentenschnittes.

2. Höhe derselben, angegeben in Zellenzahl, Mittel- und Grenzzahlen.

3. Höhe der Markstrahlzelle in der Tangentialansicht.

1. Grösse der Holzzellen.

Von den Grössendimensionen der Holzzellen verbietet sich die Benutzung der Länge bei fossilen Hölzern der Regel nach desshalb, weil dieselbe nur unter Isolirung der Elemente genauer festgestellt, letztere aber nur in wenigen Fällen factisch ausgeführt werden kann. Dagegen ist die Breite oder Weite auf jedem Querschnitt leicht zu constatiren und fällt so sehr in die Augen, dass von Anfang an in der Hylopaläontologie die Bezeichnung cellulae amplae, angustae u. s. w. überall als stehende Termini erscheinen.

Fussend auf die zwischen Mohl und Schacht erörterten Thatsachen, sowie meine eigenen Erfahrungen hatte ich bereits früher ausgesprochen, dass das Merkmal der Zellweite sehr variabel und nicht leicht verwendbar sei. Es war zwar festgestellt

1. dass zwischen Wurzel und Stamm ein constanter Grössenunterschied zu Gunsten ersterer statthabe, dass daher die Weite oder Enge der Zelle eher auf Abstammung von verschiedenen Organen, als von verschiedenen „Species“ hinweise;

2. auch dass bei den verschiedenen Nadelhölzern die Weite der Zellen nicht gleich sei, und möglicher Weise specifische Unterschiede beständen;

3. dass aber, wie Mohl ganz besonders betont hatte, die Variationen in den Dimensionen bei ein und demselben Baum so überaus gross seien (Mohl, Bot. Ztg. 1862

S. 273 Anm. u. s. w.), dass bei Speciesbestimmungen Berufung auf Zellgrössen zu den bedenklichsten Irrthümern führen könne.

Obwohl es demnach in der vorhandenen Literatur an Warnungen nicht gefehlt, haben doch bald darauf 2 Autoren von der Zellgrösse zur Diagnostik von Hölzern Gebrauch gemacht, ohne, wie zu erwarten gewesen, einen Beweis für die specielle Berechtigung ihres Verfahrens zu erbringen.

So hat Agardh, wesentlich auf die Mohl'schen Zahlen hin, in seiner Arbeit über spitzbergische Treibhölzer diese für Lärchenhölzer erklärt (Om den Spitsbergska Drifvedens ursprung. Öfr. af Kongl. Vetensk.-Acad. Förhandlinger 1869 N. 2 S. 110). In gleicher Art hat Wiesner nach Grössenmessungen der Holzzellen die Lärchennatur einiger Treibhölzer bestimmt. Beide betonen, dass von unsern gewöhnlichen Nadelhölzern das Lärchenholz die weitesten Zellen habe. Agardh stützt sich dabei auf Mohl's, Wiesner auf eigne Zahlen. Diese lauten (in mm):

	Wiesner	Mohl
für Tanne	0,030	0,045
für Fichte	0,036	0.035
für Lärche	0.050	0,058

Man sieht nun auf den ersten Blick, dass in der That nach diesen Zahlen die Lärche ungleich weitere Zellen hat, als die andern Nadelhölzer, aber man gewahrt auch sofort, dass die Zahlen der zwei verschiedenen Beobachter weder absolut unter einander noch relativ zu den andern stimmen.

Schon mit Berücksichtigung der damals vorhandenen Literatur (man vgl. ganz besonders die oben citirten Stellen bei Mohl selbst) hätten Agardh und Wiesner finden können, dass solche Grössenmessungen nicht so unbefangen angewendet werden können, dass die Zellgrössen eines Baumes vielmehr nach Organ, Alter u. s. w. ansehnlich schwanken.

Jetzt aber, nachdem Sanio seine Arbeit über die Kiefer gemacht (Pringsh. Jahrb. VIII S. 401) und jüngst Ew. Schultze dessen Resultate bestätigt und erweitert hat, ist es zweifellos festgestellt, dass Grössenmessungen nur unter besonders günstigen Verhältnissen und unter genau bestimmbaren Beschränkungen Anwendung für specifische Diagnostik finden können.

Als bemerkenswerthestes Resultat genannter Arbeiten für die Diagnostik von Hölzern darf wohl der Nachweis angesehen werden:

1. dass es eine einzige constante Zellgrösse für das Holz eines Baumes nicht gibt; die mittlere Grösse der Zellen vielmehr nach Organ, Alter und individuellen Eigenthümlichkeiten ansehnlichen Schwankungen unterliegt:

2. dass die zwischen den einzelnen Gattungen, Arten u. s. w. zu findenden Grössendifferenzen, soweit sie sicher gestellt sind, sich innerhalb derselben Grenzen bewegen, wie die bei einem Individuum möglichen Variationen.

Um den Leser in den Stand zu setzen, sich über die Richtigkeit dieser Behauptung sofort selbst Gewissheit zu verschaffen, will ich hier einige Fundamentalsätze (nebst Beispielen) über die Grössenänderungen der Holzzellen anführen.

1. Die Grösse (Länge uud tangentiale Breite) der Holzzellen schwankt innerhalb eines Jahresringes. Die Herbstzellen sind länger und schmäler als die Frühlingszellen.

Z. B. Lärche 52jährig, Wurzelende des Stammes, 50. Jahrring:

	Frühlingszellen	Herbstzellen
Länge	3,29	4,16
Breite	0,047	0,035

2. Länge und Breite der Holzzellen schwanken nach dem verschiedenen Alter des Jahrrings auf ein und demselben Stammquerschnitt. Frühling- und Herbstzellen nehmen von Innen nach Aussen durch eine Anzahl Jahrringe gewöhnlich bis zu einer endlichen Constanz zu.

Z. B. *Pinus Abies.* Stamm. Herbstzellenlänge.

1. Jahr	1,0	50. Jahr	4,11	100. Jahr	4 48
10. „	1,90	60. „	4,16	110. „	4,75
20. „	2,74	70. „	4,34	120. „	4,91
30. „	3,54	80. „	4,68	130. „	4,67
40. „	3,77	90. „	4,36	140. „	4,82

3. Die endliche constante Grösse ist im Stamm von Unten nach Oben nicht constant; sie ist in den unteren und oberen Stammpartien niedriger als in der Mitte.

4. Die Zelldimensionen stellen sich in den verschiedenen Organen eines Baumes verschieden. Durchschnittlich sind die Zellen in den Aesten kleiner als am Stamm, in letzterem kleiner als in der Wurzel. Aber auch in Ast und Wurzel sind die Zellen einem ähnlichen Wechsel unterworfen, wie (n. 1—3) in dem Stamm.

5. Die durchschnittliche absolute Grösse schwankt bei verschiedenen Individuen derselben Art beträchtlich.

Als Beispiel für dieses wichtige Verhältniss mögen 2 Lärchen dienen, von denen die eine (I) 82 jährig, 3 m über dem Boden, im Harz erwachsen, die andere (II) 2 m über dem Boden, im hallischen botanischen Garten gewachsen, 45 Jahre zählte.

Mittlere Herbstzelllänge in den ersten 40 Jahren:

Jahr	I	II
1	1,53	0,96
5	3,11	2.19
10	3,73	3,42
20	4.52	3,98
30	4,36	4,16
40	4,87	4,28

Sehen wir uns nun einmal an, wie gute Mittelzahlen bei beliebig gewählten Nadelholzstämmen verschiedener Gattungen und Arten ausfallen. Ich stelle hier eine kleine Liste aus Ew. Schultze's Arbeit zusammen. Es sind die Zelllängen des Frühlingsholzes:

Jahrg.	Weisstanne	Lärche I	Lärche II	*Iunip. virg.*	*Salisburia*	*Strobus*
1.	1,01	1,10	1,10	0,74	1,17	0,99
5.	1,97	2,4	1.92	1,19	2,30	1,52
10.	2,63	3,4	2.72	1,57	—	1,82
15.	2,63	3,56	2,69	1,70	2,26	1,94
20.	2,87	3,78	2,56	1,79	2,31	1,87
30.	3,25	3.84	2,93	1,93	3,11	2,13
40.	3,40	3,84	3,02	—	—	2,31
50.	3,34	—	3,29	—	—	2,22

Diese Zahlen sind aus Stammquerschnitten gewonnen, über deren Abstammung nicht überall Sicheres bekannt war; es ist aber klar, dass dieselben streng genommen nur dann mit einander verglichen werden könnten, wenn die Querschnitte alle aus gleicher Baumhöhe stammten. Dass aber auch dann noch solche Messungen recht vorsichtig gebraucht werden müssen, zeigen uns die beiden Lärchen: nicht einmal zwei Individuen derselben Art liefern die gleichen Grössen! Und nun frage man sich, was uns gewöhnlich über die Abstammung fossiler Holzfragmente bekannt ist? Man kann allenfalls mit leidlicher Sicherheit angeben, ob ein Holzstück aus dem Stamm oder aus der Wurzel stammt, schwieriger schon ist die Differenzirung von Ast- und Stammholz. Die Stammhöhe, aber aus welcher ein Holzstück stammt, wäre nur anzugeben, wenn uns ein seltener Glücksfall ganze Stämme in die Hände führte; das Alter der Jahrringe nur dann, wenn wir einen vollen Stammquerschnitt zur Untersuchung vorliegen hätten. Und wer endlich steht dafür, dass bei Untersuchung eines Holzfragmentes (das oft genug nur zur Verfügung steht) nicht individuelle Schwankungen total irre leiten können?

Um nur ein Beispiel anzuführen: Wenn Felix (Studien über foss. Hölzer S. 52) sein *Rhizocupressoxylon pannonicum* von *Rh. Protolarix* unter Anderm durch die Weite der Zellen scheidet, so ist er dazu ohne Zweifel zunächst berechtigt, durch

die Erfüllung einer Voraussetzung — dass beide „Species" Hölzer desselben Organs, der Wurzel sind — genau genommen müsste aber, wenn die Zellgrösse stichhaltiges Merkmal werden soll, auch noch bekannt sein

1. dass die verglichenen Stücke gleich alt (aus annähernd demselben Jahrring und in derselben Länge der Wurzel entnommen sind);

2. dass die gefundenen Zahlen nicht zufällige, extreme Variationen, sondern gute Mittelzahlen normaler Individuen d. h. also bei zahlreichen Stücken wieder zu finden sind.

Wendet man in Zukunft, im klaren Bewusstsein dieser unerlässlichen Vorbedingungen, Zellmessungen an, dann sind dieselben meines Erachtens ein werthvolles Glied für die xylopaläontologische Diagnostik. Denn

1. werden Zellmessungen neben andern Merkmalen über das Organ entscheiden, dem das gefundene Holz angehört (ob Wurzel oder Stamm);

2. in einzelnen Fällen vielleicht zur Zurückführung gewisser Hölzer auf wirkliche lebende Species nicht ohne Werth sein;

3. eventuell zur Feststellung von Eigenthümlichkeiten dienen, die fossilen Hölzer angehörig, bei lebenden ohne Analogie sind;

4. jedenfalls aber für zukünftige Identificirung bereits beschriebener Hölzer eine nicht zu unterschätzende Handhabe sein.

2. Der Tüpfelhof.

Die Grösse der Coniferentüpfel (des Hofdurchmessers) bei lebenden und fossilen Coniferen ist bis jetzt noch nicht zum Gegenstand einer vergleichenden Betrachtung gemacht worden. Es lässt sich aber schon bei oberflächlicher Betrachtung sehen, dass in derselben eine ziemliche Verschiedenheit obwaltet und es verlohnte sich, bei dem notorischen Mangel an unterscheidenden Merkmalen unter den Coniferen, das Verhalten derselben näher zu prüfen. Ist auch, was ich in dieser Hinsicht festgestellt habe, kaum abschliessend, so hat es doch einige sehr schätzenswerthe Anhaltspunkte ergeben, so dass es erwünscht, ja nothwendig erscheint, in Zukunft bei der Diagnose fossiler Hölzer die Tüpfelgrösse zu beachten*). Zunächst ist hervorzuheben, dass der Nadelholztüpfel, wie allgemein

*) Der einzige Versuch, die Hoftüpfelgrösse zur Unterscheidung zweier fossiler Hölzer zu benutzen, den Felix (Studien über foss. Hölzer. Leipzig 1882 S. 52) gemacht, ist nach den unten folgenden Daten zu beurtheilen.

bekannt, ansehnlich grösser ist als die gewöhnlichen Gefässtüpfel der Laubbäume. Während der Tüpfelhof der *Abietaceen* und *Cupressaceen* wenigstens 15 μ oder mehr mittleren Durchmesser hat, ist bei der Pappel z. B., deren Gefässe unter den Laubbäumen durch sehr grosse Hoftüpfel ausgezeichnet ist, der gleiche Durchmesser kaum über 8 μ. Und vergleicht man z. B. die Angaben über Tüpfelgrösse der Gefässe von Laubbäumen, welche Wiesner (Rohstoffe S. 602 — 617) anführt, so erscheint selbst der (unter den Nadelhölzern besonders kleine) Araucarientüpfel noch wohl unterscheidbar. Jedenfalls darf man das Grössenmoment bei einer eventuellen differenziellen Diagnose zwischen Laub- und Nadelhölzern mit in Rechnung ziehen.

Aus der nähern Untersuchung der Nadelholztüpfel selbst haben sich folgende Sätze ergeben:

1. Die Tüpfelgrösse ist bei ein und derselben Pflanze nicht genau constant; auf einem Stammquerschnittt haben die innern Jahrringe kleinere, die äussern grössere Tüpfel. Der Tüpfel wächst allmählich und erreicht bald eine ungefähr constante Grösse. Z. B. Lärche, Wurzelende des Stammes

Jahrring	I	II	V	X	XX	XXX	XL	L
Grösse	14,7	16.9	19,2	20.9	21,5	21,1	20,6	20,4

Strobus, 82jährig, Wurzel:

Jahrring	I	X	XX	XL	LXV
Grösse	16,4	16,7	16,4	18,1	18,0

Dieselbe Pflanze, Stamm, dem Boden nahe:

Jahrring	V	XX	XL	LX	XC
Grösse	14,9	16,4	16,2	16,2	17.1

2. In verschiedner Höhe eines Stammes scheint die Grösse wenig zu variiren der eben erwähnte *Strobus*-Stamm zeigt folgende Masse:

Jahrring	I	X	XX	XL	LV
In 4 m Höhe	14,0	14 9	17,9	18,4	
In 10 m Höhe	11.9	14,9	16.0	.	16,6
In 16 m Höhe	13,2	14.0	15,9	16,7	

Genau genommen zeigen die Tüpfel innerhalb des gleichen Jahrrings von unten nach oben etwas Abnahme.

3. Zwischen Wurzel und Stamm scheint das bekannte Verhalten, dass ersteres Organ grössere elementare Dimensionen zeigt, auch für die Tüpfel zu gelten. In den obigen Zahlen von *Strobus* spricht sich dies Verhalten zwar unverkennbar, aber nicht in dem Maasse aus, als man nach gelegentlicher Musterung von Stamm- und Wurzelpräparaten anzunehmen geneigt sein möchte.

4. Unter den Familien und Gattungen der Coniferen sind allein die *Araucarieen* scharf geschieden: sie zeichnen sich durch auffallend kleine Tüpfel aus. Z. B.

Araucaria brasiliensis einjährig	9,2
„ „ 14 jährig	10,2
Araucaria excelsa, Basis eines mindestens 20 jährigen Stammes	9,6
Araucaria Cunninghami aus dem Arbor. foss. v. Göppert	9,7
Dammara australis eben daher	12,8

In ähnlicher Weise verhalten sich auch die *Cycadeen*: *Cycas revoluta* (fussdick) 9,67

Dagegen scheinen die *Abietaceen* und *Cupressaceen* unter einander wenigstens nach den vorliegenden allerdings noch zu erweiternden Daten nicht wesentliche Differenzen zu bieten.

Ein fussdicker Stamm von *Cupressus funebris*, aus Florenz stammend, äussere Jahrringe	15,0
Cupressinoxylon taxodioides	20 μ.

Man vergleiche dazu die oben aufgeführten *Abietaceen*ziffern.

3. Tangentialtüpfel.

Von der bekannten Erscheinung, dass die Hoftüpfel der Coniferen nur die Radialwände der Holzzellen bedecken, machen die Herbstzellen des Jahrrings eine Ausnahme. Hier kommen bekanntlich im Wurzel- und Stammholz auf den Tangentialwänden Tüpfel vor, die allerdings einen etwas kleineren Porus und Hof haben, auch gewöhnlich nur vereinzelt oder locker gereiht stehen. Schon Mohl (Bot. Ztg. 1862 S. 237) hat solche Tüpfel bei Weisstanne, Lärche, Wachholder und der Eibe angegeben, zugleich aber auch, wie frühere Beobachter, constatirt, dass die Kiefer eine Ausnahme macht und im Stammholz constant keine Tangentialtüpfel zeigt.

Meine früheren Erfahrungen (Mikrosk. Untersuchungen a. a. O. S. 154) veranlassten mich diesem Gegenstande erneute Aufmerksamkeit zu schenken und zu untersuchen, ob nicht aus diesem Verhalten einige diagnostische Anhaltspunkte zu schöpfen seien.

Um zu constatiren, ob Tangentialtüpfel vorhanden sind, kann man am sichersten Querschnitte mustern, indem man hier die Herbstzellen sicherer als auf dem Tangentialschnitt als solche erkennen und die Tüpfelquerschnitte nicht minder charakterisch hervortreten.

Auch bietet der Querschnitt den Vortheil, dass sich die Anzahl der Tangen-

tialwände (in radialer Richtung vom Cambium ab gezählt), welche den Tangentialtüpfel zeigen, leicht feststellen lässt.

Man kann nun auf diese Weise ersehen, dass die letzte Tangentialwand der Herbstholzzellen, die an das Cambium grenzt, sehr gewöhnlich diesen Tüpfel zeigt, dass aber auch noch weitere 4 — 5 und selbst bis 8 Tangentialwände mit solchen Tüpfeln belegt sein können.

Im Speciellen hat die Untersuchung einer grösseren Anzahl Nadelhölzer einige allgemeine Regeln erkennen lassen, die, wenn sie vorsichtig gebraucht werden, gelegentlich als diagnostische Anhaltspunkte dienlich sein mögen.

Ich will zunächst die Specialfunde aufführen, wie sie an einer grösseren Anzahl Schnitte festgestellt wurden.

I. *Cupressaceae.*

Juniperus virginiana Tangentialtüpfel auf 1—8 Wänden,
Juniperus communis auf 1—5,
Cupressus sempervirens auf 1—4,
Cupressus Lawsoniana auf 1—6,
Cupressus horizontalis auf 1—6,
Cupressus funebris auf 1—3,
Cupressus torulosa auf 1—2,
Biota orientalis auf 1—4,
Thuja occidentalis auf 1—7,
Cryptomeria japonica auf 1—5,
Camaecyparis squarrosa auf 1—4 Wänden;
Cupressus Benthami zeigte sie nur selten,
Callitris quadrivalvis ebenfalls nur ganz spärlich.

II. *Abietaceae.*

Gattung *Pinus.*

a) Sectio *Pinaster.*

Untersucht wurden: *Pinus silvestris, Pumilio, Laricio, Pinea, maritima, Pinaster* und *halepensis.*

Davon zeigte *P. Pumilio* einmal einen einzigen Tangentialtüpfel, *Laricio* ganz selten vereinzelte, alle übrigen nicht die leiseste Andeutung solcher Tüpfel.

b) Sectio *Taeda.*

Die untersuchten *Pinus canariensis* und *insignis* zeigen nur ganz spärlich Tangentialtüpfel.

Bei den Arten *P. Strobus, Cembra, uncinata, Morinda, excelsa* und der Fichte sind die Tüpfel dagegen zahlreich vorhanden.

Bei der Gattung *Abies* zeigt *A. canadensis* auf 2—4, *pectinata* auf 1—6, *cephalonica* auf 1—5 Tangentialwänden Tüpfel.

Larix decidua hat auf 1—4, *Cedrus Libani* auf 1—3, *C. Deodara* auf 1—2 Wänden den Tüpfel.

Bei den *Araucarien* (*A. Cunninghami, imbricata, Bidwilli* und *excelsa*) sind die Tangentialtüpfel genz selten. In ähnlicher Weise bei *Dammara australis.*

III. *Taxaceae.*

Taxus baccata hat Tangentialtüpfel auf 1—4, *Cephalotaxus Fortunei* auf 1—2, *Salisburia* auf 1—2, *Podocarpus* (*neriifolia, elongata*) auf 1—3, *P. spinulosa* auf 1—8 Tangentialwänden.

Aus den im Vorstehenden angegebenen Befunden ergibt sich folgende Regel:

1. Die Tangentialtüpfel sind bei einer Anzahl Coniferen gar nicht, oder nur ganz ausnahmsweise vorhanden: Section *Pinaster* und auch wohl *Taeda* der Gattung *Pinus*;

2. Nur spärlich oder sehr spärlich finden sie sich bei den *Araucarien, Dammara* und *Callitris*;

3. Ziemlich zahlreich bei der Gattung *Podocarpus.*

4. Endlich sehr zahlreich bei den Abtheilungen *Abies, Larix, Cedrus, Taxus* und den meisten *Cupressaceen.*

Man mag diese Verhältnisse eventuell bei der Bestimmung fossiler Hölzer im Auge behalten, darf gleichzeitig aber nicht vergessen, dass dieselben vielleicht einigen Wandlungen unterworfen sind. Ich will in dieser Beziehung eine Erfahrung an *Pinus Strobus* anführen. Eine Querscheibe aus dem untern Stammende eines circa 80jährigen Baumes ergab Tangentialtüpfel auf sieben Wänden, im oberen Theile des Stammes waren sie nur auf 3 Wänden vorhanden.

4. Die Spiralfasern und spiraligen Streifungen.

Dass die Gattung *Taxus* und die nächstverwandten *Cephalotaxus* und *Torreya* durch eine ächte Spiralfaserbildung aller Holzzellen ausgezeichnet und charakterisirt

sind, ist seit Göppert's Publicationen (Monographie S. 58) von Niemand in Zweifel gezogen worden. Auch hat man angenommen, dass die Spiralfaserbildung im Einzelnen bei den eben genannten Gattungen gleichartig sei.

In neuerer Zeit hat Saporta (Compt. rend. 1875 I p. 1105) dagegen behauptet, dass *Torreya nucifera* durch eine besondere Form seiner Spiral- und Ringbildung sich auszeichnet. Unter Anwendung von wenigstens 400 facher Vergrösserung (heisst es a. a. O.): „les stries affectent la forme de bandelettes transversales, étroites et sinueuses ou même repliées en zigzag".

Nachdem was ich zu sehen Gelegenheit hatte — es steht mir allerdings nur wenig Material zur Verfügung — ist zwischen den Spiralfasern von *Taxus* und *Torreya* kein Unterschied; jedenfalls kann ich das, was Sporta hier angibt, an den wirklichen sog. Spiralfasern nicht sehen. Dagegen passt seine Angabe auf „Spiral- und Ringstreifung." Diese letztere ist aber, soweit meine Erfahrungen reichen, wie wir gleich sehen werden, eine ausserordentlich inconstante Erscheinung, von der ich, vorbehaltlich reicherer Erfahrung darüber, keinen diagnostischen Gebrauch machen möchte.

Neben dieser den *Taxineen* eigenen Spiralfaserbildung ist freilich in neuerer Zeit auch die sog. „Ring- und Spiralstreifung" zur Unterscheidung von Coniferenhölzern herbeigezogen worden; soweit ich sehen kann durchaus mit Unrecht.

Bereits in meinen „Mikrosk. Unters." (S. 155) habe ich, mit Göppert, auf die allgemeine Verbreitung der „spiraligen Streifung" der Holzzellen, aber auch auf ihre Inconstanz hingewiesen; das was Andere neuerdings für dieselbe vorgebracht haben, erlaubt mir nicht, diese Meinung aufzugeben.

So charakterisirt z. B. Möller (Beitr. z. vergl. Anat. des Holzes. Wien 1876, S. 13 n. 9) *Thuja orientalis* durch Mangel an Streifung gegenüber der gestreiften *Callitris*; ferner in n. 13 und 14 z. B. *Pinus silvestris* durch Streifenmangel gegenüber der mit Streifen versehenen *P. Laricio* und in ähnlicher Weise (S. 16) *P. Pumilio*. Streifung oder Mangel derselben sind aber durchaus inconstante Vorkommnisse. So fand ich z. B. *P. Pumilio* in jüngern Jahren sehr schön mit Streifen versehen, in ältern Jahrgängen desselben Querschnitts trat dagegen Streifung nur sehr undeutlich auf. *Pinus silvestris*, welches keine Streifung zeigen soll, zeigte sie mir wiederholt in verschiedenen Theilen eines Stammquerschnittes. Ein frischer Kiefernast zeigte die Streifung in solcher Schönheit, wie ich sie noch nirgends gesehen. Bei *Thuja*, wo Streifung auch nach Schröder (Das Holz d. Coniferen S. 63 und 64) fehlen soll,

finde ich sie für *occidentalis* gewöhnlich, für *orientalis* in einem Exemplar nicht, in einem zweiten Exemplar dagegen in allen Herbstzellen, in einem dritten vermoderten in brillanter Schönheit durch den ganzen Jahrring.

Auch die Unterscheidung des *Cembra*- und *Strobus*-Holzes nach der Streifung, die Seeland (Oesterr. bot. Zeitschr. 1881 S. 8 und 9) versucht hat, ist unhaltbar. Derselbe sagt: „Das Holz von *Pinus Cembra* und *Strobus* unterscheidet sich im anatomischen Baue dadurch von einander, dass bei *P. Cembra* die Tracheiden immer ungestreift sind, bei *P. Strobus* dagegen dieselben deutlich Streifung zeigen.“

Ich finde bei einem schwach armdicken Ast von *P. Cembra* in allen Theilen wundervolle Streifung; an einer starken Stammscheibe von *P. Strobus* in den innern Jahrringen deutliche und constante, in den äussern Jahrringen dagegen äusserst inconstantes Auftreten, in vielen Jahrringen gänzliches Fehlen. Auch in den verschiedenen Höhen eines 83jährigen Stammes war die Streifung höchst variabel.

Endlich bedarf eine Angabe von Jul. Schroeder (Das Holz der Coniferen 1872 S. 62 und 67) noch einer näheren Erwähnung.

Schroeder gibt a. a. O. an, dass sich *Pinus Douglasi* durch in allen Holzzellen befindliche „spiralige Verdickungsbänder“ dem Holz von *Taxus* zum verwechseln nähere. Nach meinen Erfahrungen liegt die Sache anders. Diese „spiraligen Verdickungsbänder“ sind sehr scharf ausgeprägte „Spiral- und Ringstreifungen“; wie sonst, finde ich auch bei der in Frage stehenden Pflanze diese „Streifung“ nicht in allen, sondern nur in den Herbstzellen. Endlich finde ich die *Douglas*-Streifung von den Eibenspiralen durch entgegengesetzte Windungsrichtung verschieden; Befunde übrigens, für welche nach Nägeli's Erfahrungen (Innerer Bau d. Veget. Zellmembr. Sitzbr. Münch. Acad. 9. Juli 1864 S. 132) die Variabilität nicht ausgeschlossen ist.

5. Die stärkere Verdickung der Holzzellen gegen die Markstrahlen.

Bei manchen Nadelhölzern findet man im Radialschnitt sehr auffallend die längsverlaufenden Holzzellwände, wo sie über einen querstreichenden Markstrahl hingehen und so weit sie über denselben verlaufen, mit stärkeren Wänden versehen; es schwillt der Contour der beiden aneinanderliegenden Wände, wenn er an die Markstrahlen herankommt, etwas bauchig an, und wenn er aus dem Markstrahlbereich heraustritt, ebenso rasch wieder ab.

Die Erscheinung ist schon von Göppert (Monogr. S. 57) für *Araucaria* erwähnt und Taf. 14 Fig. 2 des genannten Werkes abgebildet; in der That*) findet

*) Vgl. dageg. Schröter, Unters. üb. foss. Hölzer aus d. arktischen Zone. Zürich 1880 S. 26.

sie sich bei dieser ausserordentlich schön, wie ich an *Araucaria Cunninghami* und *Dammara australis* gesehen, aber auch vielen andern Nadelhölzern fehlt sie nicht; ich habe sie bei verschiedenen *Pinus*-Arten gesehen und Göppert bildet sie von *Pinus Massoniana* (Taf. 2 Fig. 5) ab.

Hervorgerufen wird dieselbe dadurch, dass die tangentialen Holzzellwände, wo sie an die Markstrahlzellen stossen, stärker verdickt sind.

Dass diese Eigenthümlichkeit für irgend eine Conifere besonders charakterisirend sei, ist mir nicht bekannt; mindestens muss ich das für *Pinus Cedrus* läugnen, für welche es Möller (a. a. O. S. 13) angibt.

6. Die Markstrahlen.

Von den Markstrahlen hat ein Merkmal, obwohl dessen Variabilität bei lebenden Hölzern principiell völlig zugestanden war (Göppert, Monogr. S. 47 und Hartig, Bot. Ztg. 1848 S. 128), von den ersten Zeiten der Xylopaläontologie an dennoch diagnostische Anwendung gefunden: ich meine die sog. „Höhe" der Markstrahlen (bezeichnet durch die Anzahl der übereinander stehenden Zellen); seltsam genug hat man, als sich bei fossilen Hölzern eine ausserordentliche Höhenverschiedenheit fand, nicht mehr daran gedacht, dass es sich hier um ein Merkmal handele, das bei verschiedenen Holzstücken ein und desselben Baumes variire, sondern hat auf die verschiedne Höhe der Markstrahlen „Arten" construirt. Andere Merkmale, wie Häufigkeit der Markstrahlen, oder der sog. „Markstrahlcoefficient" haben nur ganz vereinzelt Anwendung gefunden.

Herr Dr. Essner hat sich der Aufgabe unterzogen, durch ausgedehnte sorgfältige Messungen einige einschlägigen Fragen zu erledigen; auf dessen Untersuchungen gründen sich zunächst die folgenden Betrachtungen.

1. Häufigkeit und Höhe der Markstrahlen und Markstrahlzellen.

Die Frage, welchen diagnostischen Werth die Häufigkeit der Markstrahlen (d. h. die Anzahl der Markstrahlen auf einer bestimmten Querschnittsfläche, gewöhnlich einem □ mm des Tangentenschnittes) und die Höhe derselben, ausgedrückt in directem Längenmass oder häufiger noch in der Anzahl der übereinanderstehenden Markstrahlzellen, für die Bestimmung eines Nadelholzes habe, ist von Essner in ähnlichem Sinne beantwortet worden, wie die Frage über die Grösse der Holzzellen gelöst worden ist: das allgemeine Resultat ist auch hier:

1. Es gibt in einer Pflanze nicht eine constante Zahl für die Häufigkeit und

Höhe der Markstrahlen; beide Factoren haben bei derselben Pflanze variabele Grösse und sind ansehnlichen Schwankungen unterworfen

a) innerhalb des Querschnitts eines Organs, je nach dem Alter der Jahrringe;
b) innerhalb eines Organs in verschiedener Höhe desselben;
c) ausserdem nach individuellen Eigenthümlichkeiten.

2. Etwaige annähernd constante Zahlen innerhalb gewisser Familien, oder Gattungen liegen meist so nahe bei einander, dass der praktische Gebrauch derselben sehr prekär wird.

Für die specielle Begründung dieser Sätze werden, unter Verweisung auf die oben genannte Arbeit, ein Paar Beispiele genügen.

Zum Belege für den Satz 2 folgen hier 2 Tabellen:

Zunächst eine Uebersicht der „vorherrschenden Markstrahlhöhen" bei den untersuchten Coniferen;

Cupressaceae.		*Abietaceae.*	
Name:	Zellzahl d. Markstr.	Name:	Zellzahl d. Markstr.
Juniperus comm.	1—6	*P. Larix*	3—20
J. virginiana	1—8	*P. Abies L.*	2—16
Thuja occidentalis	1—8	*P. Picea L.*	2—14
Biota orientalis	1—8	*P. Strobus*	2—10
Cupressus Lawsoniana	1—8	*P. silvestris*	3—15
C. sempervirens	1—6	*P. Mughus*	2—10

Taxus zeigt 1—10, *Gingko* 1—4, *Araucaria* 1—6 Zellen.

Dass sich die *Cupressaceen* von den *Abietaceen* durch etwa halb so hohe Markstrahlen unterscheiden, dass *Gingko* und *Taxus*, dass *Araucaria* in diesen Durchschnittszahlen differiren, ist sofort ersichtlich, aber auch ebenso sehr, dass die *Cupressaceen*gattungen nicht, die *Pinus*arten schwerlich von einander zu scheiden sind.

Weiter hier eine Liste der von Essner (a. a. O. S. 7f. des Sep. Abdr.) gefundenen Grenzzahlen der Marstrahlenzahl auf 1 □mm:

1. *Cupressaceae.*

Pflanze:	*Biota or.*	*Junip. com.*	*Junip. virg.*	*Cupressus Laws.*	*Cupr. semp.*	*Thuja occid*
Markstrahlzahl:	93—147	103—143	80—126	73—102	62—100	54—86

2. *Abietaceae.*

Pflanze:	*Pinus Strobus*	*Mughus*	*silvestris*	*Larix*	*Abies L.*	*Picea L.*
Markstrahlzahl:	35—90	36—78	27—76	37—63	41—72	35—98

3. *Taxaceae.*

Pflanze:	*Taxus baccata*	*Salisburia*	*Araucaria excelsa*
Markstrahlzahl:	65—149	35—92	34—77.

Aus dem Vorstehenden ergibt sich ohne Weiteres

1. dass die *Cupressaceen* in der Regel eine etwa doppelt so hohe Anzahl von Markstrahlen aufweisen, als die *Abietaceen*;

2. dass unter den untersuchten *Abietaceen* durchschlagende Differenzen nicht vorliegen;

3. unter den *Cupressaceen* unterscheidet sich *Thuja* durch auffallend geringe Zahl gegenüber *Biota*; in ähnlicher, aber weniger anffälliger Art *Juniperus* und *Cupressus*.

4. *Taxus* schliesst sich an die *Cupressaceen*, *Gingko* an die *Abietaceen*.

Man wäre aber in argem Irrthum, wenn man die oben aufgeführten Zahlen für in engen Grenzen constante hielte; dieselben werden nun nach dem unter 1 angeführten Satze noch vielfach variirt. Die Zahlen schwanken noch nach Alter und Individuen. Ich verweise für die Begründung, dass die Anzahl und Höhe der Markstrahlen innerhalb eines Stammquerschnittes von Innen nach Aussen, im Stamm von unten nach oben schwanken, auf Essner's Arbeit. Nur hinsichtlich der individuellen Schwankungen will ich ein lehrreiches Beispiel anführen. Man könnte z. B. meinen, zwei Individuen würden in den gleichen Jahrringen des Stammes und aus gleicher Stammhöhe nahezu gleiche Zahlen liefern. In der That ist das aber nicht der Fall, oder braucht es wenigstens nicht zu sein. So zeigen z. B. im 10. Jahrgang 2 Exemplare von *Juniperus virginiana* das eine 109, dass andere 88 Markstrahlen auf 1 □mm. — Von *Biota orientalis* in gleicher Art das eine 136, das ande 113. — Wie sehr die Angaben der verschiedenen Untersucher über die Markstrahlhöhe differiren, davon stellt Essner ein höchst frappantes Bild zusammen.

Es ist klar, dass die Anzahl der Markstrahlzellen auf einem bestimmten Raum kein erfreulicheres Resultat geben kann; denn sie ist ja offenbar nur ein Product aus den eben als variabel erkannten Factoren der Markstrahlenzahl und -Höhe. Ich will zum Ueberfluss eine Liste der mittleren Zahlen der Markstrahlzellen (auf 1 □mm), wie sie Essner (a. a. O. S. 15—16) mittheilt, aufführen:

Cupressaceae.

Junip. comm.	*Junip. virg.*	*Thuja occ.*	*Biota or.*	*Cupressus Laws.*	*C. semperv.*
330	340 in 2 anderen Fällen je 315 und 260	230	350 (280)	295	185

Abietaceae.

Larix	*Picea L.*	*Abies L.*	*Mughus*	*Strobus*	*silvestris*
350	265	310 (285)	225	180	160 u. 190

Taxus zeigte 275, *Gingko* 100 und *Araucaria* 125 Zellen auf dem □ mm.

Aus dieser Liste könnte man etwa folgende Sätze ableiten:

1. Zwischen *Cupressaceen* und *Abietaceen* tritt in der Anzahl der Markstrahlzellen ein durchschlagender Unterschied nicht hervor;

2. In den einzelnen Familien scheinen einzelne Gattungen sich auszuheben z. B. *Cupressus* und *Juniperus*; doch herrscht in ihnen grosse natürliche Variabilität. Am charakteristischsten sind auch hier *Araucaria* und *Taxineen*.

Ziehen wir nun aus dem Vorstehenden für fossile Hölzer einige praktische Regeln:

1. Es ist offenbar, dass von den beiden Merkmalen, der Häufigkeit und der Höhe der Markstrahlen, das erstere bessere diagnostische Verwerthbarkeit verspricht als das letztere; die Häufigkeit der Markstrahlen dürfte daher zweckmässig als regelmässiger Terminus in jede Diagnose einzuführen sein.

Bekanntlich ist von diesem Merkmal bisher gar kein Gebrauch gemacht worden; der Einzige, welcher versucht hat, die Anzahl der Markstrahlen diagnostisch dienstbar zu machen, ist Mercklin. In dem „Palaeodendrologicon rossicum" sind von ihm (S. 74) unter den *Cupressaceen* die *Juniperus*-Arten durch grössere Häufigkeit der Markstrahlen von den *Cupressus*-Species getrennt worden. Nach dem Obigen muss ich das nicht nur bestätigen, auch *Biota* und *Thuja* erscheinen in genannter Richtung auffallend verschieden.

2. Das alte Herkommen, die Höhe der Markstrahlen in der Diagnose anzugeben, mag auch fernerhin beibehalten bleiben. Doch darf diese Angabe zunächst nur als individueller Befund angesehen werden, der nach Alter, Organ und individuellen Eigenthümlichkeiten bei ein und derselben Species wechseln kann. Als specifisch unterscheidend darf die Markstrahlhöhe erst dann benutzt werden, wenn unter Berücksichtignng aller obiger Variationsmodalitäten deren Constanz und Eigenart festgestellt worden ist.

Darnach ist also z. B. sicher, dass die von Möller (a. a. O. S. 12—13) angegebenen Unterscheidungen, auf Markstrahlhöhen hin, zunächst unzulässig sind; auch die Charakteristfk des Lärchenholzes durch Wiesner (vgl. Essner a. a. O.

S. 17) bedarf einer Revision. Denn in beiden Fällen ist der Beweis nicht erbracht, dass die angeführten Zahlen wahre und entscheidende Mittelzahlen sind.

Zu entscheiden, in welchen Fällen bei der Aufstellung fossiler „Holzspecies“ die Markstrahlhöhe mit Recht oder Unrecht gebraucht worden ist, dürfte eine schwere, ja in vielen Fällen unlösbare Aufgabe sein.

2. Einzelheiten über Markstrahlzellen.

a) Die von Essner (a. a. O. S. 18) aufgeführte kleine Liste über die Höhe (im Tangentialschnitt) der Markstrahlzellen zeigt

1. dass unter allen untersuchten Hölzern *Salisburia* die grössten Zellen hat, dass im Allgemeinen die *Abietaceen*zellen die der *Cupressaceen* etwas übertreffen;

2. aber, dass die Unterschiede der Mittel- wie der Grenzzahlen so gering sind, dass man auch für dieses Merkmal auf eine hervorragende diagnostische Anwendung verzichten muss.

b) An der Constanz des von Schröder (Coniferenholz S. 24 u. s. w.) eingeführten Coefficienten darf nach dem oben über die Markstrahlhöhe Auseinandergesetzten gezweifelt werden; da es jedoch schwer sein dürfte, zur Feststellung eines solchen „Coefficienten“ bei fossilen Hölzern die nöthigen Daten zu finden, da derselbe demnach für fossile Hölzer kaum praktisch werden dürfte, kann die Frage nach seiner Berechtigung für uns unentschieden bleiben.

c) Endlich sei erwähnt, dass ich die Unterschiede in den „Verdickungsspitzen“ der zackigen *Pinus*-Markstrahlzellen, die Schröder zu Distinctionen benutzt (a. a. O. z. B. S. 66) trotz fortgesetzter Aufmerksamkeit in der Richtung, überhaupt nicht finden konnte.

Ueber

den jährlichen Bastzuwachs

einiger Bäume.

Von

Dr. Carl Hielscher.

Während über den jährlichen Zuwachs des Holzkörpers und die Elemente, welche denselben im Laufe einer Vegetationsperiode zusammensetzen, ausführliche Untersuchungen vorliegen, sind über die bei Dicotylen sich gleichfalls jährlich erneuernde Bastschicht und die Anzahl der Elemente, die vom Cambium centripetal gebildet worden, nur Andeutungen vorhanden.

Abgesehen davon, dass die Feststellung der Holzzuwachsgrösse ein höheres praktisches (forstliches) Interesse bot, liess sich diese auch aus verschiedenen Gründen leichter feststellen. Einmal sind die Holzjahrringe fast überall stärker und mit blossem Auge und gewöhnlichem Massstab zu controlliren, andererseits ist die Grenze der Holzjahresproduction anatomisch fast immer scharf markirt; endlich ist nicht zu vergessen, dass die Feststellung von jährlichen Bastjahresproductionen auch desshalb Schwierigkeiten bietet, weil diese nur in wenigen Fällen das ganze Leben der Pflanze hindurch auf dem Stamm bleiben, vielmehr früher oder später abgestossen und der Controlle entzogen werden.

Sicher ist es aber vom physiologischen Standpunkt ausserordentlich wichtig, über die jährliche Erneuerung des Bastes und die Stärke und Zusammensetzung des „Bastjahrringes" ausgedehntere Erfahrungen zu besitzen, als sie die paar spärliche Notizen, die bis jetzt vorliegen, bieten. Es ist doch gewiss z. B. ebensowichtig und muss interessiren, die Grösse der Bahnen zu kennen, in denen sich die „plastischen Stoffe" der Planze im Stamm bewegen, als es bisher interessirt hat, die Grösse der Strombahn für Wasser in der Pflanze festzustellen.

Mein hochverehrter Lehrer, Herr Professor Dr. Kraus, der mich auf diese Frage hinwies, veranlasste mich auch, an Laub- und Nadelhölzern zunächst zwei diesbezügliche Fragen etwas weiter zu fördern:

1. die Frage, welches die anatomische Zusammensetzung der Jahr für Jahr neu gebildeten Bastschicht, des Bastjahrringes, ist; und

2. die Frage, wie stark an älteren normal gewachsenen Stämmen die faktisch vorhandene Rinde, dem Holzkörper gegenüber ist.

In ersterm Falle handelte es sich darum, von Jahr zu Jahr zu constatiren, ob und welche Bastelemente gebildet worden und in welcher Stärke sie in den successiven Lebensjahren auftreten. Zu diesem Behufe mussten die Theile in verschiedenem Alter auf ihre Bastproduction geprüft werden, am zweckmässigsten lebendes Material. Solches lieferte mir ausreichend der hallische botanische Garten.

Zur Entscheidung der zweiten Frage bot sich eine Collection Querschnitte von Musterstämmen, die ursprünglich die Forstabtheilung der hiesigen Gewerbeausstellung vom Jahre 1881 geschmückt, und nachträglich durch freundliche Vermittlung des Herrn Oberförster Brecher in Zöckeritz an das botanische Institut übergegangen waren.

Die mir zu Gebote stehende Zeit gestattete mir nur Beiträge zu vorstehenden Fragen zu liefern, nicht eine erschöpfende Behandlung, noch auch andere gleichfalls naheliegende Fragen zu bearbeiten. Gleichwohl hat die Bearbeitung dieser beiden Fragepunkte eine Anzahl allgemeiner Sätze ergeben, die theils neu, theils Sicherstellungen und Verallgemeinerungen bereits bekannter Thatsachen sind. Ich führe diese allgemeinsten Resultate meiner Arbeit gleich hier an:

1. Bei allen untersuchten Bäumen, 26 Arten Nadel- und Laubhölzer, findet in der That jedes Jahr eine neue Bastproduction, wenn man will, die Bildung eines Bastjahrrings statt;

2. Diese Bastproductionen des Jahres bilden aber in keinem Falle eine so markirte, regelmässig wiederkehrende Zone, dass sie als „Jahrring" sicher erkannt und zur Alterabschätzung sicher benutzt werden können, wie die „Holzringe."

3. Der primäre (erstjährige) Bast besteht stets aus Hart- und Weichbast; vom zweiten Jahr ab kann — wie in den meisten der untersuchten Fälle — diese Zusammensetzung beibehalten, oder dahin abgeändert werder *(Alnus, Fagus)*, dass nur Weichbast entsteht. Von da ab dauert die einmal angenommene Formirung des Bastes bis in's Alter des Stammes unverändert fort.

4. Auch in den allergeringsten Fällen (*Cupressaceen*) beträgt die jährliche Bastproduction 3 Tangentialreihen Weichbast; meistens aber mehr z. B. bei der Buche 5, bei der Erle 7—8, bei Ulmus 6—12 u. s. w.

5. Betrachtet man die nicht von Kork unterlagerten Bastschichten als functionsfähig und thätig, (eine Frage, die allerdings nicht präjudicirt werden soll), dann sind immer eine ziemlich grosse Anzahl gleichartig gebauter Bastzonen in Activität. So z. B. bei *Thuja orientalis* im 12. Jahre 25 von 32, bei *Juniperus communis* im 11. Jahre 18, bei *Aesculus* im 44. Jahre 32—34 von 44 u. s. w.

6. Der jährliche Gesammt-Bastzuwachs ist, räumlich genommen, immer ausserordentlich viel geringer als der des Holzes; er erreicht auch im günstigsten Falle nicht den des Holzes. Er beträgt höchstens den 5., gewöhnlich nur den 10—20., ja, wie bei der Buche nur den 50. Theil des letzteren.

Die wenigen Angaben, welche über die Stärke und anatomische Structur des jährlichen Bastzuwachses existiren, rühren zumeist von Theod. Hartig und sind in dessen „Naturgeschichte der forstlichen Culturpflanzen" enthalten; auch Haustein's „Baumrinde" und Mohl's bekannter Aufsatz in der Bot. Ztg. 1855 sind mit einzelnen diesbezüglichen Bemerkungen versehen*). Das Wesentliche dieser Angaben konnte de Bary in der „Vergl. Anatomie" (S. 547) auf einer halben Seite wiedergeben und ist hier kaum zu recapituliren nöthig, zumal an Ort und Stelle im speciellen Theil daran erinnert werden muss. — Zu der im 2. Theil behandelten Frage über die Stärke des Rinden- und Holzdurchmessers ist mir keine wesentliche Angabe bekannt geworden.

Methode.

Der im ersten Jahre angelegte Bast besteht bei Laub- und Nadelhölzern stets aus dreierlei Elementen, aus Siebröhren, Bastparenchym und Bastfasern. In späteren Jahren können die letzteren, welche in zusammenhängenden concentrischen Ringen oder in, ihrerseits wieder in Zonen liegenden, oder ganz regellos vertheilten Bündeln auftreten, fehlen, dann sind nur zweierlei Elemente vorhanden; diese, Siebröhren und Bastparenchym, fehlen nimmer. Nicht selten treten neben den Bastfasern auch Steinzellen, mitunter vor den Fasern überwiegend oder dieselben verdrängend, auf. Nicht immer besitzen die Bastfasern, welche im Folgenden als Hartbast dem Weichbast (Siebgewebe) gegenübergestellt werden sollen, verdickte Wände, bisweilen sind sie kaum dickwandiger als die Weichbastelemente, von ihnen aber dadurch verschieden, dass ihre Wand verholzt ist. Um in solchen Fällen im Querschnitt Hart- und Weichbast zu unterscheiden, wurden die Schnitte in eine Lösung von schwefelsaurem Anilin gelegt; dadurch hoben sich die sich gelbfärbenden Bastfasern vor dem farblos bleibenden Weichbast sehr scharf ab. Da, wie sich bald herausstellte, der Hartbast jedes Jahr zuerst entsteht, so war das Verfahren, welches ich zur Bestim-

*) Die Arbeit von Jul. Vesque in Ann. scienc. nat. VI. Sér. Tome II enthält keine hierhergehörigen Angaben.

mung des jährlichen Bastzuwachses, im Falle Hartbast vorhanden war, anwandte, einfach ein Abzählen der in jedem Jahr angelegten Bastschichten. Zu diesem Zwecke wurden an einem Aste vom einjährigen Triebe an die aufeinanderfolgenden Altersstufen successive aufgesucht und für jeden Jahrgang, nach Maassgabe der Holzjahrringe, die Bastschichten gezählt. Den besten Anhaltspunkt für das Zählen boten dabei, wie bemerkt, die Hartbastzonen, wenn diese aus verdickten und verholzten Zellen bestanden. War aber im secundären Bast kein Hartbast mehr vorhanden, so war für jedes Jahr Abzählen der Weichbastzonen zwischen Cambium und dem primären Hartbastgürtel erforderlich. Auf diese Weise konnte also der in jedem einzelnen Jahre erfolgende Bastzuwachs und seine Zusammensetzung controllirt worden. Wo alte Stammquerschnitte allein zur Verfügung standen, konnten auch diese einer Untersuchung unterworfen werden. Hier musste durch Vergleich mit lebendem Material zunächst constatirt werden, dass noch kein Bast abgestossen war, dann konnte an ihnen ersehen werden, ob sich bis in ihr Alter die Jahresproduction an Bast gleich geblieben.

Die zweite Frage, wie gross der factische Rindenradius zum Holzradius sich verhält, wurde wesentlich an den schönen Stammquerschnitten constatirt, die der hiesigen Gewerbe-Ausstellung vom Jahre 1881 entstammen. Hier handelte es sich um Feststellung von Maassen mittelst des Massstabes. Die diesbezüglichen Resultate sind im 2. Theil der Arbeit einfach tabellarisch zusammengestellt und in den Vorbemerkungen das Wissenswerthe über Methode u. s. w. dort angeführt.

I. Wachsthum und Bau des Bastes von Jahr zu Jahr.

In vorstehender Frage wurden folgende Nadelhölzer untersucht:

Cupressus funebris Endl,, *Chamaecyparis squarrosa* Sieb. et Zucc., *Cryptomeria Japonica* Don, *Cryptomeria elegans* Veitsch, *Thuja occidentalis, Thuja orientalis, Juniperus communis, Juniperus Sabina, Juniperus virginiana, Callitris quadrivalvis, Biota orientalis* Endl. (*Thuja orientalis*) var. compacta Hort.

Von Laubhölzern wurden folgende geprüft:

Fraxinus excelsior, Quercus pedunculata var. fastigiata Loud. *Quercus Cerris, Fagus silvatica, Salix vitellina, Salix babylonica, Salix cinerea, Populus nigra, Alnus incana, Carpinus Betulus, Ulmus campestris, Acer platanoides, Aesculus Hippocastanum, Tilia parvifolia, Robinia pseudacacia.*

Im Folgenden sind der besseren Uebersichtlichkeit halber, zuerst die Bäume bei denen auch im sekundären Bast Hartbast gebildet wird und dann solche, bei denen sich nur Weichbast bildet, abgehandelt. Zur ersteren Abtheilung gehören die unter-

suchten *Cupressineen, Salicaceen, Tilia, Ulmus, Fraxinus, Aesculus* und *Robinia;* von den *Cupuliferen Quercus* und von den *Betulaceen Carpinus.* Zur zweiten Abtheilung sind zu rechnen von den *Betulaceen Alnus* und von den *Cupuliferen Fagus.* Zwischen diesen beiden Abtheilungen nehmen die untersuchten Species der *Oleaceen,* der *Papilionaceen* und von den *Betulaceen Carpinus Betulus* L. gewissermassen eine Mittelstellung ein, weil bei ihnen zwar im sekundären Bast Hartbast produzirt wird, aber nicht in jeder Vegetationsperiode.

A. Sekundärer Bast mit Hartbast.

Cupressineae.

Bei den *Cupressineen* (und nach Schacht l. c. S. 227 und H. von Mohl l. c. S. 891 auch bei den *Taxineen*) ist die Vertheilung im Bast so, dass zwischen zwei Hartbastzonen ausnahmslos drei Weichbastzonen liegen. Die Hartbastzellen sind zu concentrischen Ringen zusammengestellt, welche der Anlage nach bis auf die Durchtrittsstellen der Markstrahlen geschlossen sind; die Weichbastschichten bestehen regelmässig aus je zwei Siebröhrenzonen und einer dazwischen liegenden Bastparenchymlage. Eine genaue Beschreibung hiervon gab H. v. Mohl (l. c. S. 891). Vorher hatte schon Hartig (l. c. Tab. IX, Fig. 4 und 5 und Tab. X, Fig. 2 und 3) eine Abbildung des Bastbaues von *Taxus baccata* L. und *Juniperus communis* L. gegeben. Von Schacht (l. c. pag. 228 und 239) wurde auch darauf aufmerksam gemacht, dass die Zahl der Jahrringe des Holzes selten oder niemals mit den scheinbaren Jahrringen des Bastes harmonirt, von letzterem vielmehr in einem Sommer oftmals mehrere solcher Lagen gebildet werden. In der That ist die Zahl der Lagen öfter in verschiedenen Jahren ungleich, wie wir unten näher sehen werden.

Cupressus funebris Endl.

Im ersten Jahre wurden zwei Hartbast- nebst zugehörigen je drei Weichbastzonen angelegt, im zweiten Jahre ebenso. Vom dritten Jahre ab besteht jedoch der Jahrring des Bastes nur noch aus je einer Schicht. Es waren demnach im dritten Jahre 5, im vierten Jahre 6, im fünften Jahre 7 u. s. w. Hartbast- nebst zugehörigen Weichbastlagen zu zählen. Ein weiterer Unterschied der späteren Zuwachse den ersten gegenüber besteht darin, dass sie nicht aus stark verdickten Fasern, die lückenlos aneinanderstossen, bestehen, sondern dass nur Theile des Bastfaserringes in genannter Weise ausgebildet, dazwischen aber schwachverdickte (aber verholzte) Fasern liegen.

Aus der Lagerung der Schichten ist der Schluss zu ziehen, dass in jeder Vegetationsperiode die Bastbildung mit der Anlegung eines Hartbastringes beginnt.

Chamaecyparis squarrosa Sieb. et Zucc.

In den ersten vier Jahren wurden je eine Bastlage, im fünften und sechsten Jahre je zwei Bastbänder gebildet. Während des siebenten Jahres ward wiederum nur eine Bastschicht angelegt, von achten Jahren an aber wieder deren zwei; es erschienen also in diesem Jahre elf, im folgenden neunten Jahre dreizehn Hartbastzonen, immer mit entsprechendem Weichbast.

Die Bastfasern waren gleichmässig, wenn auch nicht sehr stark verdickt; die Bastparenchymzellen hatten weitere Lumina als die Siebröhren.

Auch hier beginnt die Bastbildung mit Hartbast.

Cryptomeria Japonica Don.

Der Bastzuwachs im ersten und zweiten Jahre betrug je zwei Lagen; am Schluss des dritten Jahres traten sieben auf, immer von dem entsprechenden Weichbast begleitet. Vom vierten bis sechsten Jahre wurden wiederum nur zwei Bastlagen gebildet.

Cryptomeria elegans Veitch.

Nachdem im ersten Jahre zwei Bastlagen gebildet waren, entstand bis zum vierten Jahre jährlich nur eine. Vom sechsten Jahre ab wurde regelmässig wieder bis zum fünfzehnten je eine Bastschicht angelegt. Schon im fünften Jahre waren nach erfolgter Korkentwickelung drei Bastlagen in die Borke getreten; im zehnten Jahre liegen in derselben deren vier. Im fünfzehnten Jahre waren von den vorhandenen siebzehn Bastringen zehn durch Korkbildung abgeschnitten, ein Abstossen derselben hatte aber noch nicht stattgefunden. Die Hartbastzellen waren stark verdickt; eine Aenderung im Grade der Verdickung mit zunehmendem Alter liess sich nicht bemerken.

Ein Schluss auf die Entstehungszeit der Elemente des Bastes liess sich auch hier ziehen: die drei Weichbastzonen sind zwischen Cambium und dem zuletzt gebildeten Hartbastringe sichtbar, die zuerst in der neuen Vegetationsperiode angelegten Bastzellen müssen also Hartbastelemente sein.

Thuja occidentalis.

Es wurden, nachdem im ersten Jahre vier Bastschichten entstanden waren, jährlich deren zwei oder drei neue angelegt. Im zweiten Jahre wurden zwei solche

gebildet, und der gleiche Bastzuwachs stellte sich ein bis zum zwölften Jahre mit Ausnahme der Jahrgänge 3, 5 und 6, in welchen je drei neue Bastbänder erschienen. Es wurden also im dritten Jahre neun, im vierten elf, im fünften vierzehn, im sechten siebzehn Bastlagen gezählt. Vom siebenten Jahr ab nahm die Zahl derselben, wie schon gesagt, wieder regelmässig um zwei zu, so dass im achten Jahre einundzwanzig, im neunten dreiundzwanzig u. s. f. solcher Zonen vorzufinden waren.

Die Bastfaserzellen waren mässig verdickt, der Grad ihrer Verdickung keiner wesentlichen Veränderung unterworfen.

Die neue Bastbildung beginnt auch hier mit der Anlegung von Sklerenchymfasern.

Thuja orientalis.

Die jährliche Vermehrung der Bastelemente geschah ziemlich unregelmässig. Nachdem sich im ersten Jahre 3 Bastschichten entwickelt hatten, traten zu diesen im zweiten und dritten Jahre je 6 neue, so dass am Schlusse der dritten Vegetationsperiode 15 Hartbastringe zu zählen waren. Im vierten Jahre wurde nun 1 neuer Bastgürtel produzirt, von fünften Jahre an wurden dann wieder je zwei im Jahre angelegt. Von den im Ganzen vorhandenen 32 Hartbastringen lagen im 12. Jahre 7 in der Borke; im 14. Jahre, in welchem die Zahl der durch Korkbildung abgeschnittenen in der Borke befindlichen Bastzonen 8 betrug, begann die Abstossung derselben.

Die Wände der Hartbastzellen waren verdickt, bedeutende Abweichungen im Grade der Verdickung traten in den verschiedenen Jahren nicht hervor. Die Bastparenchymzellen übertrafen auch hier die Siebröhren an Weite der Lumina.

Im Frühjahr wird das Bastwachsthum mit der Bildung von Hartbastzellen beginnen; denn zwischen Cambium und dem innersten Hartbastringe waren die drei Weichbastzonen, welche zu diesem gehörten, schon angelegt.

Das ungefähre Verhältniss des Bastzuwachses zum Holzzuwachs wurde an einem vierzehnjährigen Zweige feststellen. Er war der mittlere Holzradius desselben gleich 9,25 mm und die mittlere Rindendicke gleich 0,625 mm. Annähernd betrug also der jährliche Holzzuwachs 0,66 mm. Der Zuwachs des Bastes verhält sich zu dem des Holzes wie 1 : 14,8.

Juniperus communis.

Der einjährige Trieb zeigte an der Basis drei Bastschichten. Hiezu kamen in den drei nächsten Jahren je zwei neue Bänder, denen sich im folgenden, im fünften,

Jahre nur eine neue Lage anschloss. Zu den in diesem Jahre vorhandenen 10 Bastschichten traten dann jährlich wiederum 2 neue, so dass also der sechsjährige Zweig 12, der siebenjährige Zweig 14 u. s. w. Bastbinden aufwies. Durch Korkbildung abgeschnitten wurde der Bast zuerst im 11. Jahre; in diesem Jahre lagen in der Borke 4 Bastzonen. Im 15. Jahre waren 10 Bastschichten innerhalb der Borke zu zählen, im 16. Jahre war eine derselben abgestossen, im 18. Jahre, in welchem sich in der Borke im Ganzen 19 Bastschichten befanden, wurde ein zweiter Bastgürtel abgeworfen.

In der neuen Vegetationsperiode wird zuerst Hartbast gebildet.

Juniperus Sabina.

Nach der Bildung dreier Bastschichten im ersten Jahre ward in den folgenden Vegetationsperioden immer nur je ein Bastgürtel angelegt. Daher fand ich (bis zum 22. Jahre) die Anzahl der Bastringe stets um zwei grösser als die Anzahl der Holzjahrringe der betreffenden Zweige. Im 22. Jahre lagen zwei Bastschichten innerhalb der Borke, die äussere derselben war an einzelnen Stellen bereits abgeworfen worden.

Das Vorhandensein von drei Weichbastzonen am Ende der Vegetationsperiode lässt auch hier die Folgerung zu, dass im Frühjahr zuerst Hartbast gebildet wird.

Juniperus virginiana.

Hier entstanden nach der Bildung dreier Bastschichten im ersten Jahre und nur einer Bastschicht im zweiten, in den folgenden Vegetationsperioden je zwei Bastlagen. Ein dreijähriger Zweig zeigte daher sechs, ein vierjähriger acht Bastgürtel u. s. w.

Die Zahl der Bastschichten betrug also das doppelte der Zahl der Holzjahrringe. Im zwölften Jahre waren drei Bastringe durch Korkbildung in die Borke getreten, im dreizehnten Jahre war dies mit vier Bastbinden der Fall. Im letzteren Jahre hatte auch die Abstossung einiger dieser Schichten begonnen. Die neue Vegetationsperiode beginnt mit Hartbastbildung.

An einem 52jährigen Stamm fanden sich 45 Hartbastringe, von denen 33 blos verholzt, 12 ausserdem auch verdickt waren. Nach Analogie mit dem Bastwachsthum in jüngeren Zweigen müssten 104 Hartbastringe vorhanden sein, es sind also wohl 59 Hartbastringe mit entsprechendem Weichbast abgestossen worden.

Callitris quadrivalvis.

In jeder Vegetationsperiode wurde eine Bastschicht gebildet, nachdem im ersten Jahre deren drei entstanden waren. Das zweite Jahr zeigte somit vier, das dritte Jahr fünf Bastlagen u. s. w. Der untersuchte Zweig war neunjährig, und bis zu diesem Alter traten keinerlei Abweichungen ein.

Die Wände der Hartbastzellen waren in den verschiedenen Jahren gleich stark. Das Bastwachsthum beginnt wahrscheinlich mit Produktion von Hartbastzellen.

Biota orientalis var. compacta Hort.

Nach Anlegung von zwei Bastschichten im ersten Jahre, wurde bis zum fünften in jeder Vegetationsperiode nur eine Bastbinde gebildet. Im fünften Jahre entstanden zwei Bastlagen, im sechsten, siebenten, achten und neunten nur je eine. Zu den im letzteren Jahre vorhandenen 11 Bastschichten traten im zehnten Jahre zwei neue. Vom folgenden elften Jahre ab bestand der jährliche Zuwachs wiederum aus nur je einer Lage.

Die Entstehungszeit der Hartbastzellen fällt auch hier wohl in den Anfang der Vegetationsperiode; denn zwischen dem Cambium und dem zuletzt gebildeten Hartbastringe waren drei Weichbastzonen zu zählen.

Salix vitellina.

In der im ersten Jahre entstandenen Bastzone liessen sich 5 Hartbastgürtel mit je 3—8 Weichbastringen dazwischen unterscheiden. Weichbastzonen zwischen zwei Hartbastreihen gewöhnlich 4. Zu diesen traten im zweiten Jahre wieder 5 neue, ebenso im dritten Jahre, und so bis zum sechsten Jahre. Jede Bastschicht in diesen zuletzt genannten Jahren bestand aus einer Hartbastzone und 3—8 Weichbastzonen.

Nach Hartig (l. c. pag. 444) werden bei Weiden jährlich nur 2—4 Bastkreise angelegt; die Hartbastzellen erschienen in Gruppen. Sie hatten im Querschnitt die Gestalt nach der Peripherie des Stammes gestreckter Rechtecke; ihre Grösse war in den verschiedenen Jahren ziemlich dieselbe. Die von diesen Bastfaserbündeln, welche ziemlich dicht neben einander lagern, gebildeten Reihen liessen nicht selten Gabelung erkennen. Eine Folge hiervon war, dass die Bündelreihen von den Markstrahlen in schiefer Richtung durchschnitten wurden, was nach Hartig (l. c. p. 444) nur bei den Pappeln der Fall sein soll.

Die Bastfasern ziemlich stark verdickt, lassen in spätereren Jahren keine Aenderung im Grade der Verdickung bemerken. Die Siebröhren zeichneten sich vor dem Bastparenchym durch grössere Lumina aus.

Die Thatsache, dass zwischen dem Cambium und der innersten Hartbastzone ebensoviel Weichbast vorhanden war, wie zwischen zwei Hartbastgürteln, gestattet auch hier den Schluss, dass im folgenden Frühjahr zuerst Bastfasern gebildet werden.

Salix babylonica.

Jährlich werden mehrere Bastschichten angelegt. Eine jede derselben besteht aus einem Kreise von Bastzellgruppen und einer Anzahl von Weichbastzonen. Am Ende des ersten Jahres fand ich sechs solcher Schichten vorhanden; zwischen zwei Hartbastgürteln liegen 5—9 Weichbastzonen. Hierzu treten im zweiten Jahre drei neue Hartbastringe nebst dazu gehörigem Weichbast, denen sich im dritten Jahre 4 hinzufügten. Die Zahl der Weichbastzonen zwischen je zwei Faserreihen schwankte in den beiden letzten Jahren zwischen 3 und 9, die geringeren Zahlen waren häufiger.

Die Bastfasern sind zu rechteckigen Bündeln zusammengestellt, welche, ziemlich nahe an einander liegend, einen Ring bilden. Wie bei *Salix vitellina* schneiden diese Ringe einander und gaben hierdurch Veranlassung, dass sie von den Markstrahlen in schiefer Richtung getroffen werden. Die Verdickung der Faserzellen war in allen drei Jahren gleich stark, ebenso blieb die Grösse der Hartbastbündel immer annähernd die gleiche.

Salix cinerea.

Am Ende des ersten Jahres waren 4 Bastschichten vorhanden, zu denen im zweiten Jahre 3 neue traten. Jede Schicht war zusammengesetzt aus einer Hartbastzone und, im ersten Jahre 3—5, im zweiten 3—8 Weichbastzonen. Am häufigsten war die Weichbastlage 4 oder 5 Zellen dick.

Die Hartbastzellen bildeten auch hier Gruppen von der Form kürzerer oder längerer schmaler Rechtecke. Zwei derartige Conplexe hatten bei den weiter nach aussen gelegenen Sklerenchymzonen eine grössere tangentiale Entfernung, als bei den weiter nach innen zu gelegenen: es wurde also im zweiten Jahre mehr Hartbast gebildet als im ersten Jahre. Die von Hartig nur für die Pappeln in Anspruch genommene Eigenschaft war also auch hier, wie bei *Salix babylonica* anzu-

treffen. Was den Grad der Verdickung der letzteren betrifft, so blieb dieser in beiden Jahren derselbe.

Der Weichbast war zwischen dem Cambium und dem innersten Hartbastringe in ebenderselben Ausdehnung wie früher zwischen zwei Faserzonen ausgebildet. Im folgenden Jahre wird daher wohl Hartbastproduktion am Anfang stattfinden.

Populus nigra.

Der Bastzuwachs betrug jährlich eine Hartbastzone und 3—10 Weichbastzonen, nachdem sich im ersten Jahre drei Bastschichten entwickelt hatten, deren jede aus einer Hartbastzone und 6—8 Weichbastzonen zusammengesetzt war. Die Zahl der Bastlagen in jedem Jahre war daher um zwei grösser als die Zahl der Holzringe. Hartig (l. c. p. 444) giebt für die jährliche Bastproduktion der Pappeln mit grober rissiger Borke, zu welchen auch *Populus nigra* gehört, 2—4 Bastfaserbündelkreise an, also weit mehr als von mir beobachtet wurde.

Die Bildung von Bast wird lange Jahre ausgeführt; an einem 103 jährigen Stamm wurden 106 — 120 Bastschichten gefunden, mit meist 10 Weichbastzonen dazwischen.

Die Bastzellen liegen in kleinen meist rechteckigen Bündeln, deren nicht allzu regelmässige Vertheilung schon von Hanstein (l. c. p. 46) erwähnt wird. Diese Gruppen lagen in den ersten Jahrgängen weiter von einander entfernt als in den späteren. Mit Zunahme des Alters wird also auch die Zahl der Faserbündel vermehrt. Dabei nahm aber die Grösse derselben ab, der Grad der Verdickung der Zellen blieb jedoch gleich. Schon von Hartig (l. c. p. 444) wird auf den Umstand aufmerksam gemacht, dass die Bastlagen nicht wie gewöhnlich in concentrischen Kreisen erscheinen, sondern wellenförmige und abgerissene Schichten bilden, so dass sie die Markstrahlen in schräger Richtung durchschneiden. Die Weichbastzellen sind, wie auch Hanstein (a. a. O. S. 47) erwähnt, radial und tangential reihenweis gestellt.

Der letzte Hartbastring hatte vom Cambium eine ebenso grosse Entfernung, wie zwei Hartbastzonen von einander. Deshalb wird die Bastbildung in der nächsten Vegetationsperiode mit der Produktion von Bastfasern anfangen.

Tilia parvifolia.

Nach Ablauf der ersten Vegetationsperiode waren 5 Bastschichten zu zählen. Jede dieser Schichten bestand aus einem Faserbündelkreise und 4—8 Weichbastzonen. Am Ende des zweiten Jahres waren 8 solcher Schichten vorhanden, zu denen bis

zum neunten Jahre für jedes einzelne Jahr zwei neue Schichten treten. Im 10. und 11. Jahre wurde nur je eine Schicht angelegt, vom 12. bis zum 16. Jahre entstanden deren wieder je 2, so dass jetzt im ganzen 34 Bastlagen gebildet worden waren. Zu diesen kamen im 17. und 18. Jahre je eine neue, und vom 19. Jahre an bis zum 23. Jahre, welches Alter der untersuchte Ast hatte, wieder je zwei hinzu.

Der hier beschriebene Gang des Bastwachsthums der Linde stimmt bis auf die Abweichung, dass der einjährige Zweig an der Basis nur 4 Bastbündelkreise hatte, während ich deren 5 zählte, mit den hierüber von Hartig (l. c. pag. 561) gemachten Angaben im Ganzen überein; bis zum 17. Jahre auch darin, dass die Zahl der Bündelkreise etwas über doppelt so gross als die der Holzjahrringe sein soll. Auch Schacht (l. c. pag. 232) hat angegeben, dass jährlich mehrere Bastschichten entständen. Bei einem 76jährigen Stamm wurden 156 Bastschichten gezählt. Von diesen lagen 40—46 innerhalb der Borke, eine Abstossung von Bast hatte aber nur an einigen Stellen stattgefunden. Immer lagen zwischen zwei Hartbastbündeln 4—8 Weichbastzonen. Die Bastproduktion ist also unverändert fortgesetzt worden.

Die Bastzellen in meist rechteckigen Gruppen; drei bis fünf solcher liegen neben einander und bilden einen flachen Bogen. Diese successive angelegten Bögen erschienen schliesslich im Querschnitt zusammen als spitze Pyramiden. Schon im ersten Jahre liessen sich kleinere und grössere Hartbastgruppen unterscheiden; mit zunehmendem Alter wurde die Zahl der grösseren Bündel über die der kleineren überwiegend; dem grösseren Stammumfange entsprach eine vermehre Zahl der Hartbastelemente, letztere Thatsache erwähnt bereits Hanstein (l. c. pag. 45). Der Grad der Verdickung der Bastfasern bleibt in allen Jahren derselbe.

In der neuen Vegetationsperiode wird wahrscheinlich mit Hartbastproduktion begonnen, weil zwischen Cambium und dem jüngsten Faserbindelring ebensoviel Weichbast vorhanden war, wie zwischen zwei anderen Hartbastgruppen.

Ulmus campestris L.

Jedem Holzring entspricht ein Bastring; derselbe besteht aus 6—12 Weichbastzonen und dem Hartbast. Letzterer ist zusammengesetzt aus meistens zwei radial dicht hinter einander liegenden kleinen Bastfaserbündeln, welche die Form langgestreckter Rechtecke besitzen. Diese Gruppen reihen sich ziemlich dicht aneinander, einen tangentialen Ring bildend. Mitunter fanden sich statt der zwei auch drei oder vier Bastfaserrechtecke in der Bastproduction eines Jahres; auch waren vereinzelt im Weichbast noch wenigzellige Faserbündel anzutreffen.

Eine hiermit übereinstimmende Beschreibung des secundären Bastes findet sich bei Hanstein (l. c. p. 49).

Da die tangentiale Entfernung zwischen zwei Hartbastgruppen in älteren Jahren dieselbe blieb, wie in jüngeren, musste, dem Wachsthum der Peripherie folgend, die Bastfaserbildung mit der Zunahme des Alters stärker werden. Die Verdickung der Bastfasern zeigte immer denselben Grad. Der Weichbasttheil der in den ersten vier Jahren gebildeten Bastschichten bestand aus 10—12 Zellzonen, der im fünften Jahre und später entstandene nur aus 6—12 Zonen.

Auf die Zeit der Entstehung des Hartbastes war auch hier ein Schluss zulässig: zwischen dem Cambium und dem deutlich hervortretenden innersten Hartbastgürtel war der radiale Abstand ebenso gross, wie zwischen zwei Hartbastzonen, deshalb wird Hartbast wohl bald im Frühjahr gebildet.

Acer platanoides.

Die im ersten Jahre angelegten zwei Bastschichten bestehen aus je einer Hartzone und je 10—15 Weichbastzonen; hierzu kommt in den folgenden Jahren je eine Bastschicht, welche wiederum aus einer Hartbastlage und meistens 10—15 Weichbastzonen zusammengesetzt ist. Bis zum sechsten Jahre traten hierin keine Aenderungen ein. Von jetzt an bilden sich, wie Hartig beschrieb (l. c. pag. 547) zwischen den Bündelkreisen Complexe von Steinzellen, während sich die Zahl der Faserringe vermindert. Mit der anderen Angabe Hartig's, dass in den jüngeren Pflanzentheilen die Zahl der Bastbündelkreise der Zahl der Holzringe entspricht, oder dass die Spitze jedes Jahrringes gleiche, die Basis doppelte Zahl der Bastbündelkreise hat, stimmt meine Beobachtung nicht überein.

Die Bastzellen sind in den ersten Jahren zu rechteckigen, nahe an einander liegenden Gruppen vereinigt; durch die später gebildeten Bastschichten nach aussen gedrängt, erlangten dieselben eine weitere tangentiale Entfernung. Ihr rechteckiger Umriss ging dann auch verloren. Es fand Sklerose der sie umgebenden Parenchymzellen statt: dadurch wurde ihr vergrösserter Umriss kreisrund, elliptisch oder auch ganz unregelmässig und endlich erschienen die Faserbündel ganz umschlossen von einer Hülle von Steinzellen. Zuerst geschah dies im primären Faserring. Ausserdem wurden auch noch andere, nicht an Hartbastzellen stossende, Bastparenchymzellen sklerotisch und vermehrten die Zahl der Steinzellennester. Von solchen erschien zuletzt der sekundäre Bast ganz durchsetzt; Hanstein (l. c. pag. 55) sah sie schliesslich schon in grosser Nähe des Cambiums aus dem secundären Weichbast entstehen,

während die Bildung von Bastfasern ganz zurücktrat. Bei einem 86jährigen Stamm waren 58 concentrische Reihen solcher Steinzellengruppen zu zählen, ein 220jähriger Stamm zeigte deren nur noch 34. Hier hatte schon Borkeabstossung stattgefunden.

Im Grade der Verdickung der Hartbastzellen trat mit der Zunahme des Alters keine Verschiedenheit auf; auch der radiale Abstand zwischen je zwei Faserbündeln zeigte keine Aenderungen.

Fraxinus excelsior L.

Bei *Fraxinus excelsior* L. traten im Bastwachsthum eines dreijährigen Wurzelschösslings und eines normal entstandenen Astes einige Verschiedenheiten auf. Bei beiden war im ersten Jahre eine Bastschicht vorhanden, aus Hart- und Weichbast bestehend; während aber beim ersteren 10—12 Weichbastzonen gezählt wurden, hatte der letztere deren nur 8. Beim Schössling wurde im zweiten Jahre eine zweite Faserbinde angelegt, ein zweijähriger Zweig des Astes zeigte aber nur die primäre Binde. Im ersteren Falle kamen noch zu dem zweiten Faserring 16—18 Weichbastzonen, im letzteren Falle waren in der Vegetationsperiode nur deren 8 gebildet worden. Im dritten Jahre wurde auch beim Schössling die Anlage von Hartbast unterlassen, die Bastlage bestand aus 8—10 Weichbastzonen, war also fast gleich der aus 8 Zellzonen zusammengesetzten Bastlage eines dreijährigen Zweiges.

Am Schlusse des ersten Jahres waren beim Schössling ausser dem Sklerenchymgürtel 10—12 Weichbastzonen zu zählen. An die letzte dieser Zonen legte sich im zweiten Jahre ein neuer Hartbastring, die centrifugale Thätigkeit des Cambiums hat also mit der Bildung von Bastfasern begonnen.

Die Hartbastbildung wurde bis zum neunten Jahre ausgesetzt, Weichbast dagegen regelmässig angelegt. Der Bastzuwachs eines Jahres war in diesem Falle nur aus der Differenz der Zahlen der Weichbastzonen zweier auf einander folgender Jahre zu bestimmen. Bei dem dreijährigen Zweige des Astes hatte er, wie in den beiden ersten Jahren, 8 Zellzonen betragen. Im vierten Jahre lagen zwischen Hartbast und Cambium 32 Zonen, der Bastzuwachs dieses Jahres belief sich also wiederum auf 8 Weichbastzonen. Im fünften Jahre wurden nur 3 solche gebildet, eben soviel im sechsten Jahre. Ueberhaupt schwankte von jetzt ab der jährliche Zuwachs zwischen 3 und 5 Weichbastzonen. So war im neunten Jahre aus dem Vorhandensein von 48 Weichbastreihen zwischen Cambium und dem primären Faserring, während im vorhergehenden Jahre 44 auftraten, zu erkennen, dass 4 Zonen Weichbast gebildet worden waren. Im 23. Jahre betrug die Gesammtzahl der Weich-

bastzonen 102—104, es waren mithin vom fünfsten Jahre ab in jeder Vegetationsperiode mindestens 3 solche angelegt worden.

Der im ersten Jahre entstandenen Hartbastgürtel war, beim Schössling, wie beim Ast, aus ziemlich grossen, rechteckigen Zellbündeln zusammengesetzt. In beiden Fällen erschienen schon im dritten Jahre die einzeln Gruppen durch Steinzellen verbunden, sodass eine vollkommen geschlossene Binde entstand. Dasselbe geschah mit dem zweiten Fasergürtel des Schösslings, welcher anfangs ebenso wie der erste aufgebaut war. Das zweite Hartbastband im anderen Falle wurde erst im zehnten Jahre angelegt. Durch Sklerose von angrenzenden Bastelementen in derselben Reihe bildete sich bald ein mächtiger Sklerenchymring. Im 17. Jahre trat eine dritte aus Bündeln von Bastfasern und Steinzellen bestehende Ringlage hinzu. Neben diesen die ursprünglichen Fasergruppen zuletzt ganz einhüllenden Steinzellenmassen zeigten sich Gruppen solcher, welche nicht an Bastfasern grenzten, und so waren die im sekundären Baste liegenden verholzten Elemente zum Theil Complexe von Bastfasern und Steinzellen, zum Theil blos Steinzellenmassen. Das 23. Jahr wies 6 solcher aus verholzten Zellen beetehenden Ringe auf. Zwischen je zwei solchen Ringen lagen immer 12—25 Weichbastzonen zwischen dem ersten und dem zweiten befanden sich 48 Zonen; die der 12 nahen Zahlen waren etwas seltener als die der 25 nahe liegenden.

An das bisher Erwähnte schlossen sich die beim Wachsthum eines 64jährigen Stammes beobachteten Verhältnisse an. In seinem 31. Jahre zeigte dieser Stamm 12 aus verholzten Zellgruppen bestehende Zonen, im 40. Jahre 15, im 48sten 17, im 51sten 18 und im 64. Jahre 22. Zwischen zwei solchen Zonen 12—25 Weichbastlagen. Ein Unterschied im Grade der Wandverdickung in den früheren und späteren Jahren liess sich nicht bemerken. In der Masse des Nachwuchses der Sklerenchymelemente war, dem Grösserwerden des Stammumfangs angemessen, eine Vermehrung eingetreten. Die Notiz Schacht's (l. c. pag. 232), nach welcher die Esche fortdauernd Bastbündel bildet, entspricht wohl nur mit der Einschränkung den thatsächlichen Verhältnissen, dass dies in Zwischenräumen von mehreren Jahren geschieht. Gar nicht vereinbar mit meinen Ergebnissen sind die Beobachtungen Kohl's (Oleaceen-Holz pag. 14 und 15), welcher in einem 12jährigen Stamm 5 vollständige Sklerenchymringe, bei einem 21jährige deren 12 neben einem in Entstehung begriffenen 13ten fand.

Aesculus Hippocastanum.

Die im ersten Jahre gebildete Bastschicht bestand aus einem Hartbastring und 11—15 Weichbastzonen. Der erstere war zusammengesetzt aus halbmondförmigen

Zellgruppen, deren offene Seiten nach innen zu lagen. Die Entfernung der Endpunkte der Bögen vom Cambium betrug 11—13, die der am weitesten nach aussen liegenden Punkte 13—15 Weichbastzonen. Der jährliche weitere Bastzuwachs beläuft sich auf eine ziemlich unregelmässige (nach Hartig l. c. p. 532 soll dieselbe regelmässig concentrisch sein) Hartbast- nebst 5—8 Weichbastzonen. Im zweiten Jahre waren 2, im dritten 3 u. s. w. solcher Bastschichten vorhanden. Während nun die Hartbastbögen des primären Ringes von Steinzellen ganz umschlossen wurden und der Gürtel durch fortgesetzte Sklerose von Parenchymzellen sich immer mächtiger entwickelte, dabei aber, vielfach ungeschlossen bleibt, bildeten sich auch Partien von Weichbastzellen zu Steinzellengruppen um. So traten schon im zweiten Jahre einige solcher Nester auf, sich zum Theil an die zerstreuten Hartbastbündel anschliessen, im dritten Jahre waren bereits zwei, mit dem primären drei, von Hartbast und Steinzellen zusammengesetzte Bänder vorhanden. Das primäre eingeschlossen, waren im siebenten Jahr deren 7, im achten 8, immer mit je 5—8 Weichbastzonen vorhanden. Schliesslich war in der Weichbastlage jedes einzelnen Jahres im Anschluss an die Hartbastbündel ein solches Band entstanden, und so wurden bei einem 12jährigen Stamme im ganzen 12, bei einem 17jährigen Stamme 17 u. s. w., bei einem 39jährigen 39, jetzt immer neben 3—6 Weichbastzonen, wie auch beim folgenden 44jährigen Stamme gezählt. Letzterer liess zwar 44 Bastlagen erkennen, doch waren 10—12 von diesen durch Korkbildung der Borke zugetheilt, zum Theil offenbar schon abgestossen.

Die secundären Bastfaserbündel waren kleiner als die primären und auch aus weniger stark verdickten Zellen gebildet. Dieselben lagen in tangential gestreckten rechteckigen Gruppen, deren Zahl mit dem Grösserwerden des Stammumfangs entsprechend vermehrt wurde.

Zwischen Cambium und dem innersten Hartbastring blieb auch hier immer so viel Abstand, wie zwischen zwei Hartbastzoner, die letzteren werden daher am Anfang der Vegetationsperiode gebildet werden.

Wie der Stamm verhält sich auch die Wurzel. Auch hier wurde der im ersten Jahre gebildete Hartbastgürtel durch Umlagerung von Steinelementen zu einer mächtigen Sklerenchymbinde. Im sekundärnn Bast traten ebenfalls Hartbast- und Steinzellenbänder auf, deren radialer Abstand wie beim Stamme zwischen 3—6 Weichbastzonen schwankte; so wurde im zweiten Jahre eine zweite Hartbastbildung gebildet. Die Abstossung von Bast begann hier früher, im 24. Jahre waren nur noch 12, im 25sten nur noch 13 Bastschichten vorhanden.

Robinia pseudacacia.

In den ersten drei Jahren ward je eine Bastschicht angelegt, aus Hartbast und Weichbast bestehend, und zwar kamen von dem letzteren auf die beiden ersten Schichten je 16—20 Zonen, auf die dritte 14—16 Zonen. Der Bastzuwachs des vierten Jahres betrug nur 10—12 Weichbastringe, zu denen im fünften Jahre neben dem vierten Hartbastringe eine Weichbastlage von 14—16 Zellen Dicke trat. Im sechsten Jahre wurde wiederum nur Weichbast, und zwar 10—12 Zonen desselben, gebildet, die Bastschicht des siebenten Jahres bestand aus einem Hartbastkreise und 14—16 Weichbastzonen, die des achten Jahres besass ausser dem Hartbastring nur 5 Weichbastzonen, die des neunten hatte ausser Hartbast wieder eine 14—16 Zellen breite Weichbastlage. Im zehnten Jahre ward wieder ausschliesslich Weichbast, und zwar 10—12 Zonen angelegt; das 13. Jahr zeigte 9 Hartbastgürtel und 14—16 Weichbastzonen; das 14te besass nur einen Zuwachs von 10—12 Weichbastzonen. Der am häufigsten auftretende Abstand zweier Hartbastbänder betrug somit 14—16 Zonen. Im neunten Jahre lagen 2 Bastschichten in der Borke, im 14ten war dies mit 6 Schichten der Fall. Die Korkbildung innerhalb des Bastes kann auch früher eintreten. Hartig (l. c. pag. 492) führt an, dass die älteste Bastlage oft schon im zweiten Jahre durch Korkschichten abgeschnürt wird.

Die Hartbastzellen waren zu recheckigen Gruppen zusammengestellt; da die einzelnen Bündel in späteren Jahren in grösserer tangentialer Entfernung von einander entstanden als in früheren, nahm offenbar die Hartbastbildung mit zunehmenden Alter ab. Ein Unterschied in der Wandverdickung trat jedoch nicht hervor. Die einzelnen Gruppen des primären Hartbastringes waren durch Steinzellen in Zusammenhang gebracht; aber auch hiervon abgesehen, war der erste Hartbastkreis stärker entwickelt als die folgenden.

Quercus pedunculata var. fastigata Loud.

Der Jahrring des Bastes besteht aus zwei Schichten, deren jede aus einem Hartbastring und 3—9 Weichbastzonen gebildet war. Im ersten Jahre waren also 2, im zweiten 4, im dritten 6, im vierten 8 u. s. w., im siebenten Jahre 14 Hartbastbänder vorhanden. An Weichbastzonen zwischen zwei Faserreihen traten öfter 9 oder dieser Zahl nahe liegende Mengen auf. Da nach Wiesner (l. c. pag. 481) und Schacht (l. c. pag. 228) der Stamm bis zum 30. und 35. Jahre borkefrei bleibt, kann bis dahin keine Abstossung von Bast stattfinden. Die einzelnen Hartbastbündel sind zu Reihen geordnet, welche Reihen wiederum den Fasergürtel zu-

zusammensetzen. Die Bündel sind vierkantig und bestehen, wie auch von Höhnel (l. c. p. 72) angibt, aus 2—70 Zellen. Der Grad der Verdickung der Hartbastzellen blieb für die verschiedenen Jahre der gleiche, dem Grösserwerden des Stammumfangs entsprechend wurde auch die Menge des Hartbastes vermehrt, wenn auch, wie Hanstein (l. c. p. 48) erwähnt, die einzelnen Bündel meist dünner werden und weniger regelmässig gestellt sind.

Die Gruppen des primären Faserringes wurden später durch Steinzellen mit einander in Verbindung gebracht, und, indem von Jahr zu Jahr immer mehr Parenchymzellen an der Sklerose Theil nehmen, entsteht schliesslich ein starker Sklerenchymring, in welchem die ursprünglichen Hartbastzellen wie in eine Grundmasse von Steinzellen eingebettet erschienen. Auch im sekundären Baste traten vereinzelt Steinzellenmassen auf, nicht selten in derselben Reihe mit den Faserbündeln, die Ringe derselben deutlicher hervorhebend, öfter geschah dies in den breiten Bastmarkstrahlen.

Quercus Cerris.

Alljährlich wird eine Bastlage gebildet, welche einen Hartbast- und 5—10 Zellzonen Weichbast besitzt. Das Alter eines Zweiges stimmt also mit der Zahl der bei ihm gefundenen Bastschichten. Eine Anzahl der rechteckigen Bastgruppen ist oft durch dichteres Aneinanderrücken der einzelnen Bündel zu einer tangentialen Reihe geordnet, Stücke eines Ringes darstellend. Derartige Ringstücke bilden zum Theil einen ganzen concentrischen Ring, zum Theil sind sie aber auch vereinzelt im sekundären Bast anzutreffen. Mit der Zunahme des Alters wird die Bildung von Hartbast mehr und mehr ausgesetzt: die einzelnen Gruppen desselben werden allmälig kleiner und ihre tangentiale Entfernung grösser. Ein Unterschied im Grade der Verdickung tritt dagegen nicht hervor.

Die im ersten Jahre angelegte Hartbastzone übertraf die später gebildeten an Mächtigkeit der einzelnen Bündel. Durch eingeschobene Steinzellen wurden diese zu einem geschlossenen Ringe vereinigt; indem die Zahl der Steinelemente grösser wird und bald überwiegt erscheinen die primären Faserbündel rings von einem starken Steinzellenwall umgeben. Auch im sekundären Bast entstanden Steinzellengruppen, dieselben vereinigten theilweise die einzelnen Hartbastbündel zu nahezu geschlossenen Binden (Wiesner l. c. p. 486); besonders stark geschah die Bildung derselben in den breiten Bastmarkstrahlen. Schliesslich zogen diese radialen Steinzellenstrahlen bis zum äusseren Sklerenchymring, nicht selten schoben sie sich sogar in die grossen Markstrahlen hinein und veranlassten so Einbiegungen des Cambiums.

Die Zahl der zu einem Hartbastring gehörigen Weichbastzonen schwankte um die der 5 nahen aber höheren Zahlen, die Zahl 10 und die ihr nächsten niederen Zahlen kam weit seltener vor. Das Auftreten von ebensoviel Weichbastzonen am Schlusse eines Jahres, wie sonst gewöhnlich zwischen zwei Hartbastgürteln vorhanden war, macht es wahrscheinlich, dass die Bastfasern am Anfang der Vegetationsperiode gebildet werden. Ein 194jähriger Eichenstamm besass 172—178 Bastschichten, deren jede aus einem Hartbastringe und 9—15, sehr oft jedoch 12 Weichbastzonen bestand. Der erstere war zusammengesetzt aus vierkantigen, dicht neben einander liegenden Gruppen. Eine Abnahme in der Zahl und Grösse dieser Gruppen fand im Alter nicht statt, es war demnach, entsprechend dem Grösserwerden des Stammumfangs eine Vermehrung der Hartbastelemente eingetreten.

Carpinus Betulus.

Am Ende des ersten Jahres waren ein Hartbastgürtel und 7 Weichbastzonen vorhanden. Zu diesen kamen im zweiten Jahre 6, im dritten und vierten je 5 und vom fünften ab je 3 oder je 4 Weichbastzonen. Wenn ein Hartbastring auch nur im ersten Jahre angelegt wurde, so wurden doch wenigstens Hartbastbündel im sekundären Bast gebildet, und diese behalten ihre ursprüngliche radiale Stellung bei. Sie entstanden in der Regel vor den breiten gefässlosen Holzpartien, aber auch an anderen Stellen. Ihre Anlage und ihr Vorkommen war jedoch ziemlich unregelmässig. Bald erschienen die im Querschnitt vierkantigen Gruppen peripherisch, bald, aber weit häufiger, radial gestreckt, bald lagen mehre kleinere solcher Bündel zu einer Reihe geordnet nebeneinander, bald waren wenige oder eine einzige grössere Gruppe so lang wie eine solche Reihe. Während an einzelnen dieser Hartbast bildenden Stellen immer Nachbildung desselben stattfand, war diese an anderen Stellen zeitweise oder ganz ausgesetzt worden. Die Verdickung der Bastfasern blieb immer gleich.

Der Hartbastring des ersten Jahres war zusammengesetzt aus ziemlich weit auseinander liegenden Gruppen. Diese wurden allmälig durch Steinzellen mit einander verbunden und bildeten endlich mit diesen ein geschlossenes Band. Bis dicht an dieses heran erstreckten sich einzelne der secundären Hartbastbündel, während andere, welche sich erst in späteren Vegetationsperioden zu entwickeln begonnen hatten, nicht so weit reichten. Ausserdem traten auch, wie schon Schacht (l. c. p. 230) angedeutet hat, Bündel von verholztem, dickwandigen Parenchym vereinzelt in den sekundären Bastschichten auf.

Das Auftreten radial geordneter Faserbündel bei der Hainbuche wird bereits von Hartig (l. c. p. 256 und 257) erwähnt; Schacht führt nur an (l. c. pag. 230), dass die Ausbildung der Bastbündel sehr unregelmässig erfolge und häufig an einigen Stellen ganz unterbleibe.

Weichbastlagen entstanden in jedem Jahre. Ein 136 jähriger Stamm besass 430 Weichbastzonen, jährlich müssen also mindestens 3 derselben angelegt worden sein; dies Ergebniss schliesst sich an das bei dem 15 jährigen Ast gefunden an.

B. Hartbast fehlt im sekundären Baste.

Alnus incana D. C.

Im ersten Jahre sind ausser dem Hartbastring 7—10 Weichbastzonen angelegt. Zwischen Cambium und dem primären Hartbastring lagen im zweiten Jahre 13, im dritten 17, im vierten Jahre 24 Weichbastzonen; der jährliche Zuwachs war daher bzw. gleich 3—6, 4 und 7 Zonen. Vom siebenten Jahre ab schwankte die Zahl der Weichbastzonen einer jährlichen Lage zwischen 7 und 10, wie aus der Thatsache folgte, dass die Gesammtzahl der Weichbastzonen im siebenten Jahre 43, im neunten 58, im dreizehnten 89, im fünfzehnten 106 — 108, im zwanzigsten 155 — 160, im zweiundzwanzigsten 172 — 175, im siebenunddreissigsten gegen 280 betrug. Im Laufe der werden die primären Hartbastgruppen allmälig ganz von Steinzellen umschlossen, so dass ein zusammenhängender sich fortwährend ergänzender Sklerenchymring entsteht. Daneben treten auch im Weichbast Steinzellenbündel auf und zwar am häufigsten in den nach aussen geschobenen in den ersten Jahren gebildeten Partien. Diese Bündel haben unregelmässige Umrisse und verschiedene Grösse. Die am weitesten nach aussen gelegenen waren in der Regel die grösseren. Mitunter erschienen mehrere dieser Gruppen nahe zusammen gelagert, öfter aber waren sie einzeln und zerstreut. Von den breiten gefässlosen Holzpartien aus gingen als Verlängerungen derselben in den Weichbast hinein, bis etwas über die Mitte desselben reichend, ziemlich breite, mitunter unterbrochene, radiale Steinzellenzeihen. Nicht selten drangen diese in Bögen in das Holz und brachten auf diese Weise Einbiegungen des Cambiums an den betreffenden Stellen zu Stande.

Von Hartig ward bereits angegeben (l. c. p. 366), dass bei der Erle ausser dem primären Bastbündelkreise eine regelmässige Bildung von Bastfaserbündeln nicht mehr stattfindet, dass aber neben unregelmässig vertheilten Steinzellencomplexen,

einer derselben vor den breiten gefässlossen Holzpartien auftritt. Schacht's Meinung, dass Bildung von sekundären Bastfasern erfolge, wenn auch nur an denjenigen Stellen, wo im Holz die Gefässe fehlen, muss irrthümlich sein. Auch von Höhnel (l. c. p. 59) führt an, dass sekundäre Bastfasern ganz fehlen, mit der seltenen Ausnahme, dass die Sklerenchymklumpen hier und da eine vereinzelte Bastfaser enthalten.

Fagus silvatica.

Die erstjährige Bastschicht besteht aus einem Hartbastgürtel und 9—20 Weichbastzonen. Die einzelnen den Gürtel zusammensetzenden Bastzellgruppen haben, wie auch von Schacht beschrieben ist (l. c. p. 229) hufeisenförmige Gestalt. Ihre offene nach innen liegende Seite besitzt an ihrer am weitesten nach aussen gekehrten Stelle von Cambium eine Entfernung von 18—20, an ihrem innersten Punkte einen Abstand von 9—11 Weichbastzonen. Im zweiten Jahre ist die Hufeisenform der Sklerenchymgruppen noch erhalten. Die kleinste Entfernung derselben vom Cambium füllten 17—18, die grösste 27—28 Weichbastzonen aus. Der Zuwachs des zweiten Jahres hatte also eine Dicke von 7—9 Zonen. Im ersten und auch noch im zweiten Jahre stiessen die einzelnen Hartbastgruppen mit den Enden an eiuander, aber schon im dritten Jahre erschienen sie von Steinzellen umgeben, und dieser Steinzellenmantel wurde allmälig dicker. Die Bogenform der Faserbündel ging dabei auch verloren oder wurde zunächst wenigstens undeutlicher. An die Stelle des ursprünglichen, einen ausgezackten Umriss besitzenden Hartbastmantels trat eine glatt begrenzte Sklerenchymhülle. Im dritten Jahre hatte diese vom Cambium einen Abstand von 36 Zonen, im vierten von 40, im fünften von 45, im sechsten von 49, im siebenten von 54 Weichbastzonen. Während also der Zuwachs im dritten Jahre noch mindestens 8 Zellzonen betrug, ist er in den folgenden auf 4 oder 5 Zonen gesunken. Auf dieser Höhe erhielt er sich auch; denn ein 116jähriger Stamm besass im ganzen gegen 590 Weichbastzonen.

Aehnlich, wie ausserhalb des Steinzellringes gehen auch innerhalb desselben in dem von ihm und dem Cambium begrenzten Weichbastraume Veränderungen vor sich. Die Enden der halbmondförmigen Fasergruppen sind gegen die grossen Markstrahlen des Holzes gekehrt. An diesen Enden drängten sich Steinzellen zwischen die einzelnen Gruppen, und, indem die Sklerose, den Bastmarkstrahl und die umliegenden Bastparenchymzellen umfassend, in der Richtung nach den Holzmarkstrahlen fortschritt, entstanden schlidsslich breite Steinzellenreihen, welche den Weichbast in radialer Richtuug durchsetzten, mitunter das Cambium keil-

förmig in den Holzmarkstrahl hineindrängend, wie schon Hartig (l. c. pag. 212) und Hanstein (l. c. pag. 41) beschrieben haben. Diese Reihen erweitern sich nicht selten an der Grenze gegen den Sklerenchymring und bekommen dann im Querschnitt ein büschelförmiges Aussehen. Neben ihnen traten im secundären Bast noch vereinzelte grössere und kleinere Steinzellenklumpen auf, nicht blos, wie Hartig (l. c. pag. 212) sagt, zwischen den ältesten äussersten Lagen, sondern, wie auch Hanstein bemerkt (l. c. pag. 41), überall im sekundären Bast.

II. Verhältniss der Rinden- zur Holzstärke.

In dem Folgenden ist es versucht durch Messungen von Rinde und Holz das Verhältniss dieser, sowie die Stärke des jährlichen Wachsthums von beiden, festzustellen. Da die Messungen, wie Eingangs bemerkt, an mustergültigen Stämmen vorgenommen werden konnten, so dürfen die gefundenen Zahlen in erhöhtem Masse als normale gelten. An jedem der Stammquerschnitte wurden aus mindestens sechs Messungen Holzradius und Rindendicke im Mittel berechnet. Das Alter der betreffenden Stammscheiben wurde möglichst genau durch Abzählen der Jahrringe bestimmt. Da die Werthe für den jährlichen Zuwachs der Rinde nur dann Giltigkeit beanspruchen dürfen, wenn noch keine Abstossung von Borke stattgefunden hat, so sind die betreffenden Zahlen bei Individuen, bei welchen dieses augenscheinlich der Fall war, in der Tabelle in Parenthese gesetzt worden. Wo möglich, sind den Messungen auch Bemerkungen über Wachsthums- und Standortsverhältnisse, sowie über die Höhe und das Alter des Baumes, beigefügt worden; sie entstammen meist den officiellen Etiquetten, wie sie den Objecten der Forstabtheilung der Ausstellung beigegeben waren. Alles Weitere ergiebt sich aus der Tabelle von selbst; die Hauptresultate sind bereits Eingangs ausgehoben.

Tabelle über den jährlichen Holz- und Rindenzuwachs von Laub- und Nadelhölzern.

Name der Pflanze.	Alter des Querschnittes in Jahren.	Wachsthums- u. Standortsverhältnisse.	Mittlere Länge des Holzradius	Mittlere Dicke der Rinde	Mittlerer jährl. Holzzuwachs	Mittlerer jährl. Rindenzuwachs	Verhältniss des Rinden- zum Holzradius.	Bemerkungen.
			in Centimetern.					
Thuja orient. L.	14		0,925	0,062	0.066	0,0044	1 : 14.8	
Pinus silvestris L.	132	Mosigkauer Haide; Tiefebene (Anhalt).	30,125	2,67	0,228	0,0202	1 : 11.28	
P. silvestris L.	163	Mosigkauer Haide; Tiefebene.	44 57	4,43	0,273	0,027	1 : 10.04	
P. silvestris L.	201	Oberförsterei Gossera b. Zeitz, tiefgründiger Lehmboden.	28,991	2,37	0,144	0.0118	1 : 12.22	Baumhöhe 36,5 m.
P. silvestris L.	205	Mosigkauer Haide; Tiefebene.	51,7	4,657	0,252	0.022	1 : 11,11	
P. Abies L.	24		9,76	0,25	0,407	0,010	1 : 39,13	
P. Abies L.	25		9,87	0.25	0.394	0,01	1 : 39.48	
P. Abies L.	109		9,6	9,325	0,088	0,003	1 : 29,53	
P. Abies L.	194		30,05	0,35	0,154	(0,002)	1 : 85,73	Borke ist jedenfalls schon abgeworfen.
P. Abies L.	234	Oberförsterei Gossera b. Zeitz; tiefgründiger Lehmboden.	36,7	0,383	0,156	(0,002)	1 : 95,80	Alter des Stammes, dem die Scheibe entnommen ist, 250 Jahre, Höhe desselben 42,5 m. Borkeabstossung hat stattgefunden.
P. Picea L.	51		10,45	0,325	0,204	0.0063	1 : 32,16	
P. Picea L.	92		15,96	0,675	0,173	0,007	1 : 23,57	
P. Picea L.	173	Oberförsterei Schmiedefeld; Porphyrboden.	66,4	2,68	0,384	0,015	1 : 24,77	Alter des Stammes, aus dem die Scheibe geschnitten, 200 Jahre.
P. Picea L.	221	Oberförsterei Gossera b. Zeitz; thoniger Lehmboden.	43,441	2,158	0.196	0 009	1 : 20,06	
P. Larix L.	28		5,00	0,425	0,178	0.015	1 : 11,76	
P. Larix L.	65		8,535	0,725	0,131	0,011	1 : 11,77	
P. Larix L.	72	Oberförsterei Zoeckeritz, Unterforst Petersberg, trockener Höhenboden, strenger Lehm.	15,69	1,6	0,218	0,022	1 : 9,90	Alter des Stammes 75 Jahre, Höhe desselben 18 m.
Salix alba L.	6	Etwas excentrisch gewachsen.	4,075	0,425	0,679	0,070	1 : 9,60	

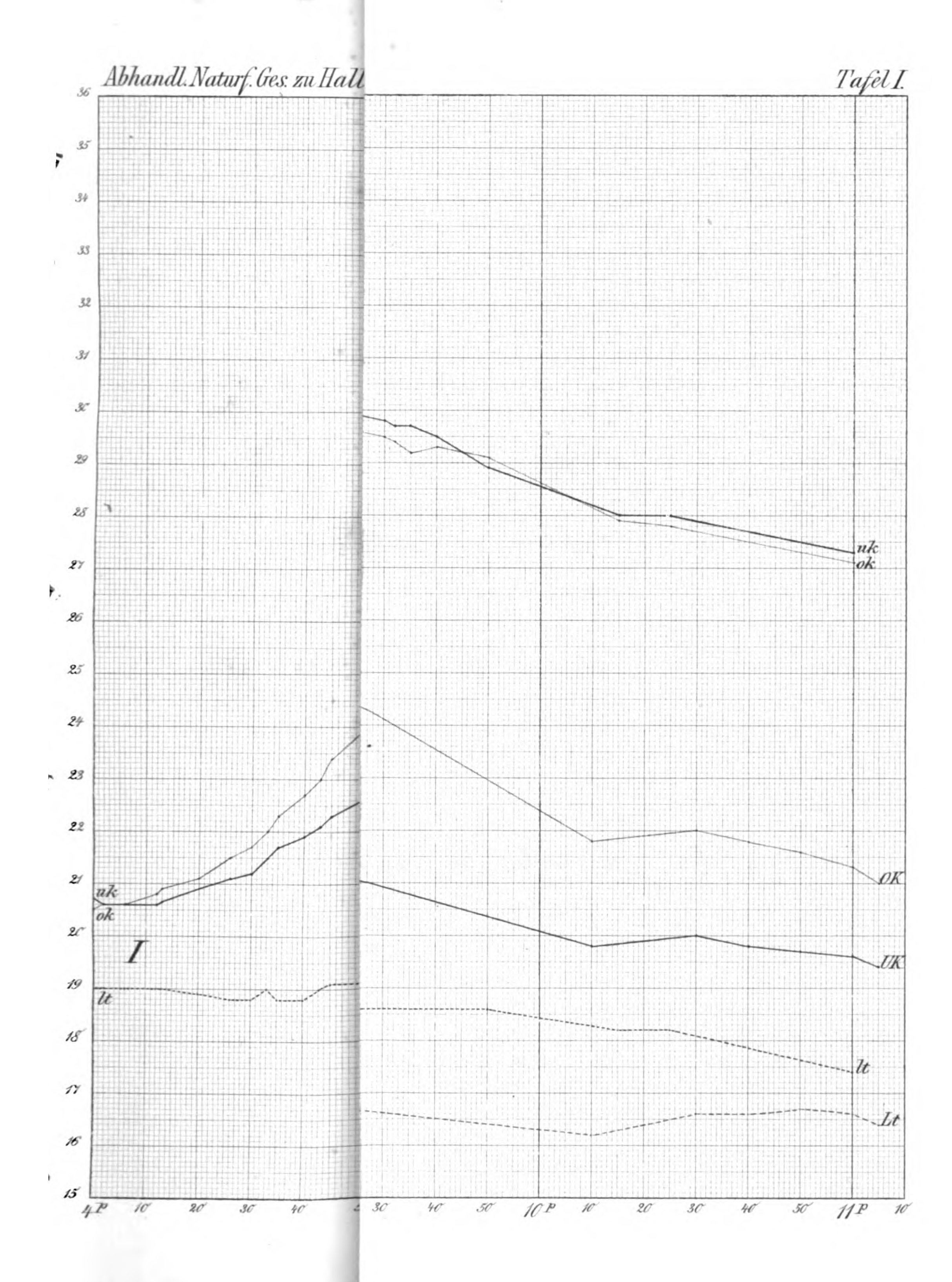
Name der Pflanze.	Alter des Querschnittes in Jahren.	Wachsthums- u. Standortsverhältnisse.	Mittlere Länge des Holzradius	Mittlere Dicke der Rinde	Mittlerer jährl. Holzzuwachs	Mittlerer jährl. Rindenzuwachs	Verhältniss des Rinden- zum Holzradius.	Bemerkungen.
			in Centimetern.					
Populus nigra L.	33		38,925	2,966	1 19	0 09	1 : 13,1	
Populus nigra L.	103	Forstrevier Salegast; lehmiger Sandboden am Muldeufer.	65,47	5,6	0,635	0,0543	1 : 11,69	Alter des die Scheibe liefernden Stammes 144 Jahre, Höhe desselben 34 m.
Populus tremula L.	56	Forstrevier Neudorf, Harzgebiet.	17,04	1,162	0,304	0,0208	1 : 14,61	
Tilia parvifolia Ehrh.	72	Etwas excentrisch gewachsen.	18,37	1,275	0,255	0,017	1 : 14,41	
Tilia parvifolia Ehrh.	76	Oberförsterei Zoeckeritz; auf Niederungsboden, tiefgründigem Lehm, in geschützter Lage 300 m über dem Meere gewachsen.	25,8	1,425	0,339	0,018	1 : 18,13	Alter des Stammes 84 Jahre, Höhe desselben 20 m.
Tilia parvifolia Ehrh.	88		22,555	1,187	0,256	0,013	1 : 18,98	
Tilia parvifolia Ehrh.	88	Oberförsterei Schkeuditz; humoser Flusslehm. Etwas excentrisch gewachsen.	20,7	1,75	0,235	0,019	1 : 11,81	Baumhöhe 20,5 m.
Ulmus campestris L.	14		2,212	0,187	0,158	0,013	1 : 11,79	
Ulmus campestris L.	107	Forstrevier Neudorf, Harzgebiet; auf stark geneigtem Nordosthang in geschützter Lage, 400m über dem Meere gewachsen.	25,65	3,00	0,24	0,028	1 : 8,57	Alter des Stammes 110 Jahre, Höhe desselben 19 m.
Acer platanoides L.	6		2,025	0,112	0,337	0,018	1 : 18	
Acer platanoides L.	9		4,00	0,225	0,44	0,025	1 : 17,6	
Acer platanoides L.	86	•	23,625	0,525	0,275	(0,006)	1 : 45,08	Es hat Abstossung von Borke stattgefunden.
Acer platanoides L.	142	Forstrevier Neudorf, Harzgebiet. In geschützter Lage 400 m über dem Meere, am südwestlichen Selkethalsabhang gewachsen auf Boden, der durch Verwitterung von Grauwacke und Thonschiefer entstanden ist. Etwas excentrisch gewachsen.	25,9	0,65	0,182	(0,004)	1 : 39,74	Alter des Stammes 150 Jahre, Höhe desselben 19 m. Abstossung von Borke hat stattgefunden.

Name der Pflanze.	Alter des Querschnittes in Jahren.	Wachsthums- u. Standortsverhältnisse.	Mittlere Länge des Holzradius	Mittlere Dicke der Rinde	Mittlerer jährl. Holzzuwachs	Mittlerer jährl. Rindenzuwachs	Verhältniss des Rinden- zum Holzradius.	Bemerkungen.
			in Centimetern.					
Acer platanoides L.	165	Forstrevier Neudorf, Harzgebiet; auf etwas welligem, aus tiefgründigem Lehm bestehenden Boden in geschützter Lage 300 m über dem Meere gewachsen.	47,16	3,35	0,286	0,020	1 : 14,09	Alter des Stammes 180 Jahre, Höhe desselben 25 m. Abwerfung von Borke hat wahrscheinlich noch nicht stattgefunden.
Acer platanoides L.	184	Forstrevier Neudorf, Harzgebiet; an einem stark geneigten Nordostabhang im Selkethal wie oben.	32,28	0,9	0 175	(0,004)	1 : 35,76	Abwerfung von Borke hat stattgefunden.
Acer platanoides L.	220		31,15	0,775	0,141	(0,003)	1 : 40,06	Borke bereits abgeworfen.
Acer campestre L.	45	Oberförsterei Zoeckeritz; auf Niederungsboden gewachsen.	20,075	0,837	0,446	(0,018)	1 : 23,98	Alter des Stammes 55 Jahre, Höhe desselben 16,5 m. Abstossung von Borke hat schon stattgefunden.
Fraxinus excelsior L.	50		3,79	0,525	0,076	0,010	1 : 7,22	Wahrscheinlich hat noch keine Abwerfung von Borke stattgefunden.
Fraxinus excelsior L.	64	Forstrevier Neudorf.	16,75	1,312	0.262	0,020	1 : 12,78	
Fraxinus excelsior L.	198	Forstrevier Neudorf.	33,0	2,55	0,167	0,013	1 : 12.75	
Fraxinus excelsior L.	31		3,65	0,175	0,118	0,005	1 : 20,85	Derselbe Stamm in Schnitten von 2 m zu 2 m Abstand.
	40		5,733	0 25	0,143	0,006	1 : 22,93	
	48		7,433	0,325	0,155	0,006	1 : 22,89	
	51		7,93	0,375	0,155	0,007	1 : 21,13	
	64		10,625	0,45	0,166	0.007	1 : 23,61	
Aesculus Hippocastanum L.	17		3,6	0,225	0.212	0,013	1 : 16,06	Derselbe Baum in verschiedenen Höhen.
	29		6,237	0,425	0,215	0,014	1 : 14,73	
	39	Hier schon excentrisch gewachsen.	11,537	0,65	0,296	0,016	1 : 17,72	
	44	Ganz excentrisch geworden.	16,15	0,725	0,367	0,016	1 : 22.24	
Robinia pseudacacia L.	14		0,812	0,15	0,058	0,010	1 : 5,42	
Robinia pseudacacia L.	32		11,325	2.00	0,354	0,062	1 : 5,66	

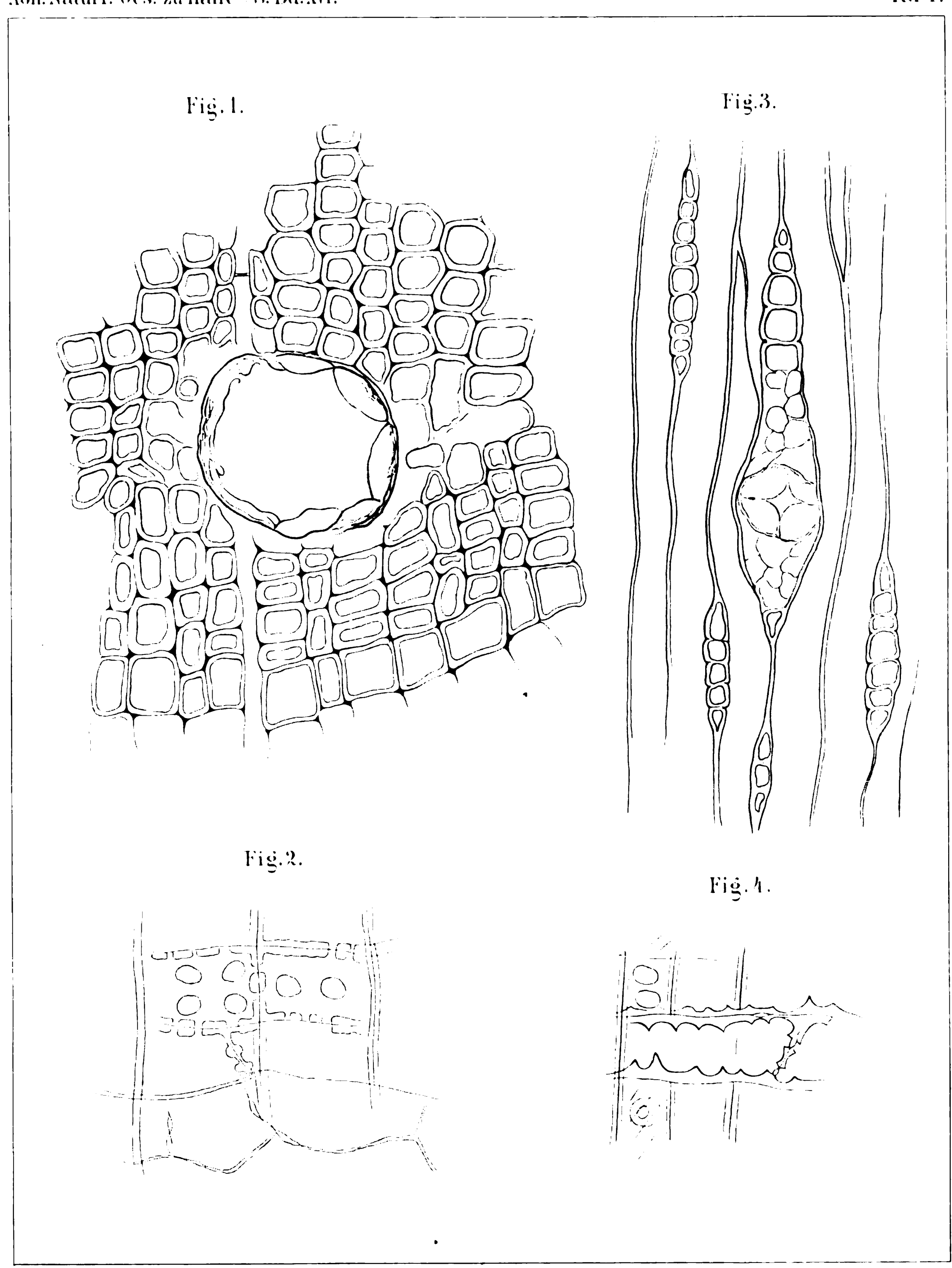
Name der Pflanze.	Alter des Querschnittes in Jahren.	Wachsthums- u. Standortsverhältnisse.	Mittlere Länge des Holzradius	Mittlere Dicke der Rinde	Mittlerer jährl. Holzzuwachs	Mittlerer jährl. Rindenzuwachs	Verhältniss des Rinden- zum Holzradius.	Bemerkungen.
			in Centimetern.					
Quercus pedunculata Ehrh.	162	Forstrevier Tilkerode. Stamm excentrisch.	18 9	2,85	0,117	0,017	1 : 6.65	
Quercus pedunculata Ehrh.	194		26,17	3,8	0,135	0,019	1 : 6,89	
Quercus pedunculata Ehrh.	218	Oberförsterei Zoeckeritz; Unterf. Petersberg; auf strengem, trockenem Lehm gewachsen.	26,7	2,19	0,122	0,01	1 : 12.2	Alter des Stammes 225 Jahre, Höhe desselben 20 m.
Carpinus Betulus L.	77	Forstrevier Neudorf, etwas excentrisch gewachsen.	15,455	0.82	0,200	0,010	1 : 18,84	
Carpinus Betulus L.	136	Stamm etwas excentrisch.	18,4	1,35	0,135	0,009	1 : 13,63	
Carpinus Betulus L.	141	Forstrevier Neudorf, 400 m über dem Meere auf lehmigen Boden gewachsen.	15,44	1,15	0,109	0.008	1 : 13,42	Baumhöhe 15 m.
Alnus incana D. C.	22		3,716	0,283	0,169	0,012	1 : 13,1	
Alnus incana D. C.	37	Etwas excentrisch gewachsen.	7,9	0.575	0,213	0,015	1 : 13,74	
Fagus silvatica L.	116	Forstrevier Neudorf, Harzgebiet; in geschützter Lage 300 m über dem Meere, auf tiefgründigem Lehm in der Ebene gewachsen.	26,7	1,175	0,230	0,010	1 : 22.72	Alter des Stammes 160 Jahre, Höhe desselben 20 m.
Fagus silvatica L.	128	Forstrevier Golmenglin.	33,78	0,625	0,264	0,004	1 : 55	
Fagus silvatica L.	168	Oberförsterei Ziegelrode; auf humosem, wenig tiefgründigem, trockenem Boden gewachsen.	43,3	0,85	0,258	0,005	1 : 50,99	Baumhöhe 31 m.
Betula alba L.	62	510 m über dem Meere gewachsen.	12,275	0,912	0,198	0,014	1 : 13,47	Baumhöhe 17 m.
Betula alba L.	86	Forstrevier Nedlitz.	24,28	2,73	0,282	0,030	1 : 8,9	
Betula alba L.	139	Mosigkauer Haide; Tiefebene. Stamm excentrisch gewachsen.	30,1	4,76	0,216	0,034	1 : 6,31	Baumhöhe 22 m.

Nachtrag.

Die vorliegende Arbeit war fertig, als J. Moeller's „Anatomie der Baumrinden“ (Berlin 1882) in meine Hände gelangte. Das Buch verfolgt andere Zwecke, als die vorliegende Abhandlung, doch decken sich manche Untersuchungen, soweit es die Anatomie der Rinden anlangt und bestehen einige geringfügige Differenzen zwischen Moeller's und meinen Angaben; ich habe jedoch keinen Grund an der Richtigkeit meiner Beobachtungen zu zweifeln.


36
35
34
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
uk
ok
UK
OK
lt
Lt
I
4P
10'
20'
30'
40'
30'
40'
50'
10P
10'
20'
30'
40'
50'
11P
10'

27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
321



1–3. Pityoxylon pineoides Kr.

ABHANDLUNGEN

DER

NATURFORSCHENDEN GESELLSCHAFT ZU HALLE

ORIGINALAUFSÄTZE

AUS DEM GEBIETE DER GESAMMTEN NATURWISSENSCHAFTEN

XVI. Band 2. Heft

enthält



HALLE
MAX NIEMEYER
1884

Ueber

die Wasservertheilung in der Pflanze.

IV.

Die Acidität des Zellsaftes.

Von

Gregor Kraus.

Das vorliegende Heft schliesst sich eigentlich an das zweite dieser Publicationen über die Wasservertheilung in der Pflanze an und behandelt einen Punkt desselben, die Acidität der Pflanzensäfte, etwas allgemeiner. Während ich dort (S. 9 ff.) nur die saure Reaction der Stengelsäfte ins Auge zu fassen hatte, aber von dieser zeigte, dass sie sich in dem normal wachsenden Stengel, sowie bei einseitigen Wachsthumsprocessen und den Erschütterungsvorgängen regelmässig ändert, soll es hier Aufgabe sein, die saure Reaction der Pflanzensäfte im Allgemeinen, die relative Acidität der einzelnen Organe, ihre Veränderung bei einigen physiologischen Vorgängen, insbesondere aber ihr Verhältniss zu den äusseren Factoren, speciell Luft und Licht, eingehender zu beleuchten. Einige Hauptresultate der Arbeit, wie die wechselnde Acidität der Säfte bei Tag und Nacht als allgemeines Gesetz und Anderes, habe ich bereits in den Sitzungen der Naturforschenden Gesellschaft vom 13. März 1880 und 5. August 1882 kurz vorgetragen (Sitzungsberichte d. Nat. Ges. 1880 S. 24 und 42 und 1882 S. 21).

Vor den Physiologen von Fach brauche ich wohl über die Bedeutung, welche einer solchen Untersuchung zukommt oder über die Berechtigung ganz im Allgemeinen nur die Acidität der Körpersäfte ohne eingehendere Begründung ihrer chemischen Ursache zu untersuchen kein weiteres Wort zu verlieren. Denn von dem grundlegenden Buch unserer heutigen Physiologie an, der Sachs'schen „Experimentalphysiologie“ wo insbesondere die Bedeutung der sauren Zellsaftreaction für die bodenlösende Kraft der Wurzeln in's Licht gestellt wurde (S. 188—189) ist in allgemeinen Werken und in Einzelabhandlungen, am ausführlichsten und zuletzt in Pfeffer's Pflanzenphysiologie (S. 316—317) mit wachsender Betonung der Acidität der Zellsäfte gedacht worden.

Gewiss wäre es von noch grösserem Nutzen gewesen, nicht bloss die freien Säuren des Saftes, sondern den Gehalt desselben an Pflanzensäuren überhaupt, d. h. die freien und gebundenen Säuren quantitativ zu vergleichen. Allein dazu sind, bei den anerkannter Maassen geringen Quantitäten der Säuren in gewöhnlichen Pflanzen,

Säuren deren Natur nicht einmal qualilativ sicher gestellt ist, die jetzt möglichen quantitativen Methoden nicht scharf genug.

Die Aufgabe, die freien auf beliebige scharfe Farbenindicatoren wirkenden Pflanzensäuren in ihrer Gesammtmasse, in den verschieden Organen einer Pflanze und unter verschiedenen äussern Verhältnissen genau zu bestimmen, war nur auf einem Wege sicher zu lösen: durch Titration. Diese Methode verlangt aber, dass ansehnliche und reine Mengen Saft zu Gebote stehen. Damit wurde es nöthig, die Gewebemassen im Groben, und ganze Organe zu verwenden. Die Untersuchung einzelner Gewebe, wie sie Sachs in Bezug auf ihre allgemeine Reaction nach anderer Methode mit so viel Erfolg ausgeführt hat, war ausgeschlossen. Das ist im Folgenden wohl festzuhalten. Ueber die Gewinnungsmethode des wirklichen Zellsaftes darf ich einfach auf Heft II S. 4—6 verweisen; bei saftigen Organen war es leicht den Zellsaft selbst unverändert zu erhalten. Wo die Mengen natürlichen Saftes zu gering gewesen, wurden abgewogene Mengen frischer Substanz zerrieben und mit bestimmten Mengen Wassers vermischt alsbald filtrirt. Wenn, in selteneren Fällen, das Filtrat nicht unmittelbar brauchbar war, liess sich die Brauchbarkeit durch momentanes Erhitzen bis zum Aufsieden erreichen. — Bei Bestimmung nicht relativer Acididät, sondern der absoluten Säuremenge wurden die abgewogenen frischen Pflanzentheile mit kochendem Wasser erschöpft und die Decocte auf gleiches Volum gebracht. Die Acididät der Flüssigkeit wurde durch Titration mit einer ganz schwachen Natronlauge (1 Gr. Natronhydrat auf 1 Liter Wasser) bestimmt; sie war mir bequemer als Normallauge; die übliche Umrechnung auf eine imaginäre Säure liesse sich dabei nöthigenfalls auch machen. Als Indicator dienten einige (gewöhnlich 3—5) Tropfen einer weingeistigen verdünnten Lösung von Phenolphthalein. Dieser Indicator hat vor dem bisher (A. Mayer, Vogl u. s. w.) gebrauchten, übrigens ebenso scharfen Lacmus, den Vortheil, dass die Endreaction durch Eintritt einer Färbung, nicht durch Farbenänderung bestimmt wird. Ich bemerke ausdrücklich, dass ich zwar in den meisten Fällen das erste Auftreten einer Röthung als Endreaction ansah, dass aber in anderen Fällen, besonders wo es sich nur um Vergleiche handelte, oft auch eine beliebige gleiche, wenn auch stärkere Röthung als solche angenommen wurde. Nebenfärbungen, wie die gelbe bei Vorhandensein von Gerbstoffen, Fällungen neutraler Salze bei hohem Salzgehalt der Säfte, kommen dann und wann, aber ohne den Hauptzweck im geringsten zu beeinträchtigen, vor.

Bevor wir uns zu unserm Gegenstande wenden, möge noch zuvor eine kurze geschichtliche Bemerkung Platz haben.

Dass sich einzelne Pflanzentheile durch intensiv sauren Geschmack auszeichnen, wie viele reife und unreife Früchte, Sauerklee, Ampfer u. s. w. war von jeher bekannt. Diese Thatsachen sind ohne Zweifel der Anlass geworden, dass schon frühzeitig von der Chemie nach der Ursache der Säure gesucht und schon vor Ablauf des vorigen Jahrhunderts die wichtigsten (allgemein verbreiteten) Pflanzensäuren endeckt waren (vgl. Husemann, Pflanzenstoffe I. Aufl. S. 524—525). Auch die Kenntniss der Thatsache, dass die Pflanzensäfte überhaupt in ihrer weitaus grössten Mehrzahl sauer sind, d. h. wenn nicht für den Geschmack, so doch für die üblichen chemischen Reagentien, ist gleichfalls aus den Untersuchungen der Chemiker schon aus dem Anfang dieses Jahrhunderts hinreichend bekannt (Thenard, Gay-Lussac, Chevreul z. B. nach Compt. rend. Tome XXVII p. 33).

Physiologische Erörterung aber d. h. eine Erörterung ihrer Beziehung zum Pflanzenleben hat die Acididät zum erstenmal erfahren in der Sitzung der Pariser Academie vom 19. Juni 1848. Bei Gelegenheit einer Mittheilung von Andral*) über die saure oder alkalische Reaction von Körpersätten des Menschen im gesunden und kranken Zustand bemerkt Gaudichaud, dass er schon lange ähnliche Untersuchungen bei Pflanzen angestellt an verschiedenen Organen, Säften und Sekreten und „dass er stets nur saure Reaction wahrgenommen". „Alle lebenden Gewebe, fährt er fort, selbst lebendige Stücke von kranken oder theilweise in Zersetzung begriffenen Pflanzen haben dieselbe Reaction dargeboten", in Europa und in den Tropen und zu allen Jahreszeiten. Compt. rend. 1848 Tome XXVI p. 657—658. Es ist bekannt, wie diese gelegentliche Mittheilung Payen veranlasste in der nächsten Sitzung am 5. Juli (Compt. rend. 1848 Tome XXVII p. 1—3) näher auf die Frage einzugehen. Er gibt zu, dass die Saftgemische, wie sie sich aus den Theilen gewöhnlich darbieten, mehr oder weniger stark saure Reaction haben; allein, sagt er, so könne die Frage nicht entschieden werden, man müsse die einzelnen Gewebe, selbst einzelne Zellen prüfen, wobei er als Beispiele alkalischer Reaction die Cystolithenzellen und die Oberhautperlen von *Mesembryanthemum crystallinum* heranzieht. Gaudichaud seinerseits hatte damit nicht ganz Unrecht, dass er diese angezogenen Beispiele als Ausnahmefälle (a. a. O. S. 3 und 33 ff.) betrachtet wissen wollte, wohl aber mit dem

*) Der auch die Bezeichnung *Acidité* bereits gebraucht (a. a. O. p. 649).

Hapttheil seiner Ansicht: „dass alle wesentlichen Lebenssäfte der Pflanzen sauer seien" (p. 4 und p. 36 unten).

Massgebend für die jetzige Gestalt der Frage nach der Reaction der Säfte ist die Arbeit von Sachs aus dem Jahre 1862 (Bot. Ztg. 1862 N. 33 S. 257—265) geworden. Er zeigte, dass allgemein bei in der Bildung begriffenen Geweben (Vegetationspunkten) die Reaction schwach alkalisch oder neutral, bei fertigen Organen aber die Leitzellen entschieden alkalische, das Parenchym entschieden saure Säfte führen.

Diese Parenchymsäfte vor Allem sind es, die, nach der ganzen Art der Untersuchungsanstellung, hier in Frage kommen und sie sind auch von mir stets sauer gefunden worden.

Ausser diesen Arbeiten hat, gelegentliche, unten zu berücksichtigende Aeusserungen abgerechnet, die Frage nach der Acidität der Pflanzensäfte eine Erörterung nicht mehr erfahren.

I. Die relative Acidität in den verschiedenen Organen.

1. Es ist allgemeine Regel, dass die Gesammtsäfte der einzelnen Körpertheile der Pflanze nicht gleich stark sauer sind; die Acidität der einzelnen Organe ist verschieden gross. Bei den gewöhnlichen grünen Laubpflanzen — holz- wie krautartigen — gilt die Regel, dass die Blätter am stärksten, die Wurzeln am wenigsten sauer sind und der Stengel eine mittlere Acidität besitzt. Die Belege für diesen Satz finden sich in der Tabelle I n. 1—6. Hier ein Paar Beispiele: Eine 2 dcm hohe Pflanze von *Mercurialis annua*, gibt bei wässerigem Extract aus gleichen Gewichtsmengen Substanz relative Acidität: Blatt 1,0 Stengel 0,3 Wurzel 0,2.

Die Acidität des Stengels ist also 3-, die der Wurzeln 5fach geringer als die der Blätter (6. Juli).

Die Acanthacee *Peristrophe salicifolia* Miq. ergab in 1/16 cc reinem Organsaft folgenden Laugenverbrauch: Blatt 0,9 Stengel 0,7 und Wurzel 0,5 (11. Dezember), nicht so grosse Differenzen als vorher, aber deutliche.

Die untersuchten *Crassulaceen* machen von dieser wie mir scheint allgemeineren Regel eine Ausnahme: bei *Bryophyllum*, *Sempervivum*, *Echeveria* ist die Wurzel saurer als der Stamm gefunden; ja es kann das Verhältniss gerade umgekehrt, die Wurzel am sauersten, die Blätter am wenigsten sauer auftreten (n. 13 ff.).

Die Regel, die wir hier gefunden haben, bleibt, soweit ich gesehen, auch während der verschiedenen Entwicklungsstadien der Organe erhalten. Ich will ein Beispiel von verschiedenaltrigen Internodien und zugehörigen Blättern anführen: Es

wurden schön gewachsene Triebe von *Philadelphus coronarius* von der Spitze bis zur Verholzungsstelle in 3 Theile zerlegt und aus den Stengelgliedern, wie aus den ansitzenden Blättern Reinsaft gewonnen.

I. enthält die jüngsten Internodien und zugehörige Blätter, II. die bestwachsenden Internodien bezw. Blätter und III. fast ausgewachsene. Für 1 cc Saft werden folgende Acididätszahlen erhalten:

	Internodien.	Blätter.
I.	2.0	4.0
II.	1.5	3.5
III.	1.2	3.0

Von den betrachteten Acididätsverhältnissen der Organe nimmt die Säure der Wurzel ein unmittelbares Interesse in Anspruch, insofern sie nemlich von jeher für die Auflösung und Aufnahme der Bodenstoffe als mitwirkend gilt (Sachs, Vorl. S. 315 und 318). Nun ist nach meinen Untersuchungen die Wurzel gerade weniger sauer, als die andern Organe und man könnte das als einen guten Beleg dafür ansehen, dass die Abnahme der Acididät von den Blättern gegen die Wurzeln zu, durch eine Art Neutralisation der freien Säuren mittelst der aufgenommen Nährsalze des Bodens bewirkt werde. So wenig die Bedeutung der Säuren für die Wurzelthätigkeit geleugnet werden soll, die Annahme, dass die geringere Acididät der Wurzel durch Neutralisation der Bodensalze bewirkt werde, lässt sich, soweit die Versuche reichen, nicht halten. Eine solche Annahme verliert schon dadurch an Wahrscheinlichkeit, dass bei den Crassulaceen, die doch notorisch viel Kalk aufnehmen, die relative Acididät eine gerade umgekehrte ist, die Wurzeln saurere Säfte haben als die Blätter. Vor Allem aber spricht eine Anzahl ad hoc angestellter Versuche direct gegen diese Annahme.

Ist nemlich die Acididät des Saftes in den Wurzeln durch aufgenommene Basen aus dem Boden abgestumpft, dann dürfte erwartet werden, dass in destillirtem Wasser erzogene Pflanzen diese Säureabnahme nach unten nicht oder jedenfalls nur in sehr gemindertem Grade zeigen. Soweit meine Versuche mit Keimlingen in ausgekochten Sägespänen und destillirtem Wasser sehen lassen, ist dem nicht so. Man vergleiche die unter n. 17 und 18 der Tabelle I zusammengestellten Versuche.

Von den einzelnen Theilen stärkerer Parenchymkörper sind mir ein Paar Verhältnisse bekannt geworden, die nicht ohne Werth erscheinen:

1. Im Stengel wurde die Rinde, bezw. das grüne Gewebe stets saurer gefunden als das Mark. Vgl. Tabelle I n. 19 und 20.

2. Dickfleischige Blätter, welche deutlich einen grünen äusseren und farblosen innern Theil unterscheiden lassen, wie z. B. die acaulen *Mesembryanthema*, zeigen das Gleiche. n. 21—23.

3. Der (gewöhnlich chlorophyllärmere) Blattstiel erscheint säureärmer als die Blattfläche. n. 7 und 8.

4. In mehreren Fällen ist die intensiver gefärbte Blattspitze am stärksten sauer und von da nimmt die Acidität im Blatt gegen die Basis ab (n. 24—27), bei *Bryophyllum* ist es freilich umgekehrt.

Wir werden am Schlusse dieser Abhandlung von den Thatsachen Gebrauch machen.

II. Veränderungen der Acidität bei verchiedenen Lebensvorgängen.

Nachdem einmal eine stetige Acidität der Zellsäfte constatirt war, lag als wichtigste Aufgabe vor, den physiologischen Werth derselben fürs Leben näher zu bestimmen. Besonders gegenüber dem bekannten Verhalten der Oxalsäure oder wenigstens des Kalkoxalats, war zu untersuchen, ob der saure Charakter der Säfte durch nicht weiter veränderbare Stoffe hervorgerufen werde, oder ob diese sauren Substanzen bei den verschiedensten Lebensvorgängen betheiligt, verändert, d. h. vermehrt oder vermindert würden. Mag ja immerhin in den meisten Fällen unbekannt sein, welcher chemischen Natur diese sauerreagirenden Subhtanzen sind, durch quantitative Bestimmungen lässt sich wenigstens ihre Betheiligung an den Lebensprocessen sicher stellen. Ist diese gesichert, dann rücken diese Säuren weit von den „Auswurfsstoffen“ (zu denen man das Kalkoxalat zu rechnen pflegt) hinweg und dürfen den Namen **regelmässiger Nebenproducte** des Stoffwechsels führen.

Zunächst kann hier constatirt werden, dass sich die Säuren am Leben in Grossen und Ganzen darin betheiligt zeigen, dass sie im Verlaufe sich stetig vermehren. Schon in Heft II S. 24—25 und Tab. I n. 30 ff. hatte ich gezeigt, dass im **Stengel die Acidität von oben nach unten, also mit dem Alter relativ ab-, absolut zunimmt.**

Dieser Satz ist Regel für die einzelnen Organe und die Pflanze überhaupt. Ich will zunächst eine Anzahl Beispiele anführen, welche zeigen, dass die absolute Säuremenge in den Theilen und im Ganzen mit dem Alter wächst.

Von *Deutzia corymbosa* werden an 3 Sprossen 1. die obersten 3 noch im

Wachsthum begriffenen 2. die 3 darauffolgenden Internodien, von denen das unterste ganz ausgewachsen war, zerkleinert, mit kochendem Wasser erschöpft und auf gleiches Volum gebracht. Die Acidität verhält sich wie 3 : 9 d. h. es war in den älteren Internodien die Säure verdreifacht. Der Versuch mit jungen und ausgewachsenen Blättern an den gleichen Sprossen ergab die Säuremengen 3 : 8.

In jungen und erwachsenen Fuchsien-Blättern fand ich das Verhältniss 5 : 13. Junge, nur 1 dcm lange und ausgewachsene *Rheum*-Blattstiele ergaben in gleichem 1.2 : 3.4.

Sehr schön tritt die Säureproduction mit zunehmendem Alter bei ganzen Pflanzen, besonders Keimlingen hervor (Pflanzen, im Freien erwachsen):

Beta vulgaris. 4 Pflänzchen.

1. Noch mit Keimblättern versehen, und 2 etwa 2—3 cm langen ersten Blättchen;
2. Keimblätter abgefallen. 4 Blätter von $^{1}/_{2}$—1 dcm Länge;
3. Pflanze mit 4 Blättern zu $1^{1}/_{2}$—2 dcm Länge.

Die freie Säure verhält sich wie 0.2 : 0.3 : 1.2.

Nigella damascena. 8 Pflänzchen.

1. Mit Keimblättern und einem dreispaltigen Laubblatt.
2. Mit 8—12 Blättern.

Säureverhältniss 0.3 : 2.0.

Datura Stramonium. 6 Pflänzchen.

1. Solche, welche ausser den Cotylen nur ein etwa 1 cm langes Blättchen haben;
2. Solche, welche neben den Cotylen noch mit 3—4 sich entfaltende Blättern von etwa $^{1}/_{2}$ dcm Länge versehen sind.

Säureverhältniss 0,1 : 0,35.

Fumaria officinalis. 10 Pflänzchen. Die einen mit Cotylen und einem unentwickelten Blättchen, die andern mit Resten der Keimblätter, etwa 10 Blättern, einigen Blüthen und Seitenästchen. Säure 0,3 : 4.5.

Bidens Novae-Caledoniae. Keimlinge mit Cotylen und Hypocotylen von 2—3 cm; ferner solche mit Hypecotylen von 5 cm und 2 jungen Blättchen. Säureverhältniss 0,2 : 0,5.

Mercurialis annua. 4 Keimpflänzchen mit jungen Blättchen, mit erwachsenen von 4 Internodien und kleinen Seitenästen verglichen (Wurzel 1,5 dcm lang). Säuremengen wie 0.2 : 2,4.

Es muss aber hervorgehoben werden, dass es Keimpflanzen gibt, die zunächst wenigstens ihren Säuregehalt nicht oder nicht wesentlich vermehren. Ausser dem

später zu erwähnenden *Lepidium* gehört hierher nach meinen Erfahrungen *Lupinus*. Da fand ich z. B. bei *Lupinus mutabilis* in Pflänzchen von etwa 1 dcm Länge, die nur Cotylen besassen, im Vergleich mit solchen die 1,5 dcm lang waren und überdies 2 halbentwickelte Blätter hatten, das Säureverhältniss absolut gleich 0,4 : 0.4. Bei *Lupinus subcarnosus* erhielt ich unter ähnlichen Verhältnissen (jung zu älter) 0.6 : 0,5.

Es ist klar, dass die absolute Vermehrung der freien Säuren nicht als eine relative hervorzutreten braucht; es dürften ja nur die flüssigen oder auch die anderweitigen festen Bestandtheile rascher zunehmen. Ausser meinen früheren Beispielen vom Stengel (Heft II S. 24 u. s. w.) verweise ich auf die hier angehängte Tabelle II a, b, c. Schreitet dagegen die Säurebildung beim Wachsen rascher fort als die der übrigen Substanzen, dann sind ältere Theile auch relativ säurereicher. So bei den Blättern und Blattstielen von *Rheum, Bryophyllum, Cochlearia* in Tab. II b 8—10 und c 9.

Dass der Farbenwechsel Anthokyanhaltiger Blüthen, die so häufig in der Knospe roth oder violett sind und beim Aufblühen völlig blau werden, mit wechselndem Säuregehalt des Zellsaftes zusammenhänge, ist vielfach vermuthet oder behauptet, aber von Niemand bis jetzt bewiesen worden. Aus dem oben Erfahrenen, der Thatsache, dass junge Organe relativ säurereicher sein können als ältere, lässt sich schon a priori vermuthen, dass es auch bei den Blüthen so sein und die genannte Erscheinung darin begründet sein wird. An ein Paar Beispielen habe ich die Sache thatsächlich so gefunden.

1. *Symphytum asperrimum.* Die offenen Blüthen sind rein blau, die Knospen roth. Gleiche frischgewichte ausgezupfter Corollen mit gleichen Voluminen Wasser zerrieben zeigen klar, dass zur Neutralisation der jungen Blüthen ein grösseres Laugenquantum nöthig ist.

2. *Anchusa italica.* Die offenen Blüthen sind bekanntlich tief und reinblau, die Knospen violett. Versuch wie vorher. Relative Acidität: Knospe 0,6 Blüthe 0.5.

3. *Orobus vernus.* In gleicher Weise. Relative Acidität von Knospe und Blüthe 0,4 : 0,3.

Es zeigt sich demnach 1. dass junge roth oder violett erscheinende Blüthen eine höhere Saftacidität haben als ältere und sich damit analog den übrigen Organen verhalten. Sie unterscheiden sich von ihnen bloss dadurch, dass sie einen natürlichen Indicator für die Säurereaction in sich tragen; 2. dass auch die blauen Blüthen, soweit ich sie hier untersuchte, eine saure Gesammtreaction haben. Ich hebe das

ausdrücklich hervor, weil Vogl (Sitzb. Münch. Acad. 1879 Bd. 9 S. 20) „vollkommen neutrale oder sogar schwach alkalische Reaction“ in 10 Fällen bei blauen Blüthen beobachtet zu haben angibt.

Dass herbstliche, gelb gewordene Blätter höhere Saftacidität haben, als gleichaltrige grüne, hat bereits Wiesner behauptet (Sitzb. Wien. Ac. Bd. 64 1871. 16. Nov. S. 20 des Sep.-Abdr.), da er aber keine Zahlenbelege dafür beigebracht hat, führe ich unter d der Tabelle II einige auf. Es wäre freilich noch zu untersuchen, ob diese Zunahme eine wirkliche oder nur scheinbare ist.

In höherem Grade beweisend für die active Betheiligung der sauren Substanzen an den Lebensprocessen sind die Fälle, wo sich eine **Abnahme** der Acidität darthun lässt. Bereits im II. Hefte dieser Untersuchungen habe ich gezeigt, dass bei den geotropischen Krümmungen die freien Säuren nicht bloss relativ, sondern absolut auf der convexen Seite abnehmen. Man vgl. a. a. O. S. 40. Ein ähnliches gilt von den sog. Erschütterungskrümmungen a. a. O. S. 65. Für diese letzteren will ich noch ein Paar Zahlenbeweise beibringen.

Die Stengel werden geschüttelt, in concave und convexe Hälften getrennt, die Hälften auf der Wage genau gleich genommen, ausgekocht, auf gleich Volum gebracht und im Extract die Acidität bestimmt. Relative Zahlen:

Coleus	concav	3,0
	convex	2,9
Petunia	concav	2,6
	convex	2,5
Nicotiana	concav	1,2
	convex	1,1

Der Hauptbeweis dafür, dass die Säuren activ betheiligte Substanzen des Pflanzenkörpers sind, liegt aber darin, dass sie tägliche Bildung und Umbildung erfahren, wie wir im nächsten Kapitel sehen werden.

Demnach steht es ausser Zweifel, dass die in der Acidität sich äussernden Körper nicht todte Substanzen, sondern solche von ansehnlicher Beweglichkeit sind, die bald durch ihre Vermehrung, bald ihre Verminderung eingreifende Betheiligung an den Lebensbewegungen zeigen.

III. Die Säuren und das Licht.

1. Dunkelpflanzen und ihre Acidität.

Das Verhalten der Dunkelpflanzen zur Säurebildung zu untersuchen, war in mehr als einer Hinsicht von Interesse. Einerseits sollte die Frage entschieden werden, ob überhaupt im Dunkel nennenswerthe Säurevermehrung statthat, andererseits knüpften sich an die Acidität der Dunkelpflanzen Hypothesen über die Mechanik des Wachsthums, die in letzterer Zeit in Fluss gerathen sind.

Die Sätze, zu denen ich gelangt bin, sind folgende:

1. Dunkelpflanzen können saurere Säfte besitzen als sonst gleiche Lichtpflanzen; doch ist das keineswegs allgemeine Regel. Für die Blätter etiolirter und grüner Pflanzen hat den Satz bejahend Wiesner ausgesprochen, ausreichende Belege dafür jedoch nicht beigebracht (Sitzb. Wien. Acad. Bd. 69. 1874, 16. April, S. 49). In Tabelle III Abth. 1 führe ich ein Paar Beispiele auf, welche, die in Rede stehende Thatsache illustriren, keineswegs zur Entscheidung führen sollen.

2. Aus dem Abschnitt 2 unserer Tabelle erhellt, dass die Säuren beim Keimen im Dunkeln sich thatsächlich zu vermehren im Stande sind. Die Versuche 1—4 zeigen, dass vom Samen aus, die übrigen Versuche, dass auch beim Weiterwachsen im Dunkel die Säure-Vermehrung stattfindet.

3. Aus der Abtheilung 3 der Tabelle III erhellt, dass Dunkelpflanzen ans Licht gebracht (während sie ergrünen) zunächst säureärmer werden; bei längerer Exposition kann und muss eine Vermehrung eintreten (vgl. die Versuche mit der Kresse). — Die Säureabnahme findet in allen Theilen, also offenbar auf indirectem Wege, in den unterirdischen statt. Aus dieser Erfahrung lässt sich schliessen, dass die (unter 1 gefundene) geringere Acidität grüner Pflanzen wenigstens zum Theil nicht in einer energischeren Säurebildung im Dunkel, sondern in einer Umbildung der vorhandenen Säuren im Licht ihren Grund haben wird.

4. Die relative Acidität der Organe bleibt, soweit sich sehen lässt, bei Dunkelpflanzen dieselbe wie im Licht. Die Belege hiefür finden sich in Tabelle I n. 9 und 10.

5. Im Dunkel kann Wachsthum erfolgen, ohne dass die geringste Vermehrung der freien Säuren nachzuweisen ist. Man vergleiche die Versuche in Abth. 4 (der T. III.).

Folgerungen, welche sich an die ersten Sätze für die Entstehungsweise der Säuren knüpfen lassen, werden wir später hervorzuheben haben; hier wollen wir bloss an die letzten Sätze eine kurze Erörterung über die Bedeutung der Säuren für das Wachsthum der Zelle anknüpfen.

Bekanntlich sind in neuerer Zeit die Pflanzensäuren als die exquisit osmotisch wirkenden Substanzen in Anspruch genommen und ihnen eine ganz hervorragende Rolle beim Zustandekommen des Turgors und damit in der Mechanik des Wachsthums zugewiesen worden (de Vries, bot. Ztg. 1879 S. 847 ff.). Zustimmend dazu hat sich Sachs (Vorlesungen S. 397 und 691), mehr oder weniger ablehnend dagegen Pfeffer (Physiol. I S. 55) verhalten.

Die vorstehenden Sätze 3 und 4 sowie einige nicht gerade streng in dies Kapitel gehörige Erfahrungen werfen einiges Licht auf die Frage. Es ist freilich wesentlich zu beachten, dass ich nirgends die Gesammtsäuren sondern nur die freien bestimmt habe, dass Vermehrung oder Verminderung der Acidität nicht identisch ist mit Vermehrung oder Verminderung der Pflanzensäuren überhaupt (wobei auch die gebundenen zu berücksichtigen wären), dass demnach meine Schlüsse nur bedingungsweise berechtigt sind.

Mit dieser Einschränkung dürfen wir wohl versuchen, die Thatsachen hervorzuheben, welche für und gegen die obengenannte Hypothese sprechen.

Für dieselben können folgende Thatsachen in Anspruch genommen werden:

1. So lange die Pflanzen wachsen, vermehrt sich in ihnen die Säure; ältere Pflanzen sind absolut säurereicher als junge. Im wachsenden Stengel, im wachsenden Blatt nimmt die Säure fortwährend zu.

2. Dunkelpflanzen können reicher an Säuren als Lichtpflanzen sein; sie übertreffen die Lichtpflanzen bekanntlich auch an Länge und an Wachsthumsenergie.

3. Zur Nachtzeit, wo das Wachsthum energischer ist, wird die Säure absolut vermehrt.

Dem gegenüber stehen eine Anzahl Thatsachen, welche der unmittelbare Verwendung der Hypothese vorläufig nicht zu überwindende Schwierigkeiten bieten:

1. Die höhere Acidität etiolirender Pflanzen ist durchaus keine allgemeine Erscheinung.

2. Es ist sicher, dass die Blätter der Dunkelpflanzen eine höhere Acidität besitzen, als deren Stengel; dennoch wachsen die Stengel im Finstern riesig in die Länge und die Blätter verkrüppeln. Die gegentheilige Angabe über die Acidität von de Vries (a. a. O. S. 852) ist nicht richtig, und von Niemand sonst behauptet oder mit Zahlen belegt worden (Detmer, Pfl. Phys. in Schenk's Handbuch, II 458 stützt sich auf de Vries).

3. Bei einseitigen Wachsthumserscheinungen, wie bei den geotropischen Krümmungen ist notorisch die stärker wachsende Unterseite nicht allein nicht säure-

reicher, sondern gewöhnlich sogar ärmer an Säure. Vgl. Heft II S. 39 und 41. (Das Gleiche gilt auch für die Erschütterungskrümmungen vgl. oben am Schluss des Kap. II.)

4. Das mit höherer Turgorkraft versehene (anschnlichere Wachsthumskraft zeigende) Mark ist säureärmer als die wachthumsunfähigere Rinde. Vgl. Tabelle I, 19 und 20.

5. Von ganz besonderem Gewicht scheint es zu sein, dass, wie die in Abth. 4 angeführten Versuche zeigen, Wachsthum ohne Säurevermehrung stattfinden kann. Die Versuche sind so angestellt, dass Glieder von im Keimen begriffenen Dunkelpflanzen ohne Blätter und Knospen, im Dunkel, in destillirtem Wasser stehend, durch 24 und mehr Stunden wuchsen: die Hypocotyle wuchsen um 8 cm, der Einzelzuwachs war bis $^1/_2$ cm, ohne dass Säurezunahme eintrat, die scharfe Methode liess sogar Säureabnahme constatiren. — Allein hiergegen liesse sich einwenden, dass die bereits vorhandene Säure hier zu dem wahrgenommenen Wachsthum hinreichend war. — Die Fälle aber, wie bei *Lepidium*, wo die ganze Dunkelgrösse ohne die geringste Säurevermehrung erreicht wird, sprechen doch meines Erachtens, wenig zu Gunsten der Hypothese.

2. Die tägliche Periodicität der Acidität.

Geschichtliches. Entdeckt wurde die Veränderlichkeit der Acidität über Tag und Nacht von Benjamin Heyne 1813. Derselbe hat darüber in einem in den *Linnean Transactions* Vol. XI p. II S. 213 abgedruckten Briefe an **A. B. Lambert** berichtet und diesen Brief hat später Linck in den „Jahrbüchern der Gewächskunde von Kurt Sprengel, A. H. Schrader und H. F. Link Bd. I Heft 2, 1820, S. 70—72 übersetzt und mit einem nicht unwichtigen Zusatz (S. 73—76) versehen.

Es ist begreiflich, dass zunächst das einfache Factum einer zwischen Tag und Nacht wechselnden Verschiedenheit im sauren Geschmack, in der damaligen Zeit mehr als ein Curiosum, denn als eine werthvolle wissenschaftliche Thatsache behandelt wurde; auch die bereits weit bessere wissenschaftliche Belehrung, welche **Link** in dem eben erwähnten Zusatz gab, änderte Nichts daran, dass sich die Notiz fast mehr in halbwissenschaftlichen Werken, als in der Fachliteratur weiter erhielt. Es ist doch z. B. auffallend genug, dass in der dreibändigen Decandolle'schen Pflanzenphysiologie, dass, soweit ich gesehen, auch in Treviranus Physiologie — Bücher, die sonst von „Beobachtungen“ weit geringeren Werthes strotzen, die Sache keine Erwähnung findet. Der Gründlichkeit Mohls (in der „Zelle“ S. 248) ist freilich die Beobachtung nicht entgangen.

Jetzt, wo es möglich ist, das vereinzelte Factum in Zusammenhang mit anderen Thatsachen zu bringen, verlohnt es sich wohl, den (selten gewordenen) ursprünglichen Text der Notiz, wie ihn Linck gegeben hat, zugleich mit seinem Zusatz in allem Wesentlichen wörtlich wiederzugeben.

Ueber die Desoxydation der Blätter von *Cotyledon calycina*, von Benjamin Heyne, in einem Briefe von A. B. Lambert.
(Transact. of the Linnean Society Vol. XI p. II S. 213)*).

Ich hatte neulich Gelegenheit, gegen Sie der merkwürdigen Desoxydation einer Pflanze am Tageslicht zu erwähnen. Da die Sache an sich merkwürdig ist, und ein grosses Licht auf die Meinung der berühmten Physiker wirft, welche über diesen Gegenstand geschrieben haben, so will ich sie in diesem Briefe kurz angeben, den Sie, im Anszuge, oder wie Sie wollen, der Societät vorlegen mögen.

Die Blätter von *Cotyledon calycina*, oder *Bryophyllum calycinum* nach Salisbury, welche überhaupt nur einen kräuterartigen Geschmack haben, sind des Morgens so sauer als Sauerampfer, wo nicht noch saurer. So wie der Tag weiter fortrückt, verlieren sie ihren sauren Geschmack und werden um Mittag geschmacklos; gegen Abend erhalten sie beinahe einen bitterlichen Geschmack. Dieses ist der Fall in Indien, wo die Pflanze ziemlich allgemein in unsern Gärten gebaut wird; es bleibt noch übrig zu untersuchen, ob dieses auch stattfindet in den Gewächshäusern von England, wo die Pflanze vor Kurzem eingeführt ist.

Ich habe die Pflanze nur einmal in England gesehen, und zwar bei Herrn Loddiges zu Hackney gerade um Mittag, wo ich sie ganz geschmacklos fand. Die Entfernung dieses Ortes von meiner Wohnung hat mich bisher verhindert, sie des Morgens früher zu besuchen. Ich zweifle nicht, dass sie dann eben so sauer sein wird, als in Indien.

Es ist nicht nöthig zu bemerken, das die Säure, welche diese Blätter des Morgens haben, nur dem Sauerstoff zuzuschreiben ist, den die Pflanze während der Dunkelheit der Nacht absorbirt hat, oder der von andern Bestandtheilen der Pflanze während der Nacht übertragen ist. Ich glaube, er ist absorbirt worden, da er so lose mit seiner Basis vereinigt ist, dass selbst das Tageslicht es unmittelbar wieder entwickelt.

*) Dieses Bandcitat ist das richtige: das im Orginal angegebene verfehlt.

Priestley und Jugenhouss haben aus zahlreichen Versuchen den Schluss gemacht, dass alle Pflanzen Lebensluft am Tage aushauchen, und fixe Luft oder Kohlensäure in der Nacht, aber diese Schlüsse sind von einigen, nach den mannigfaltigen Resultaten seitdem gemachter Versuche, bezweifelt worden. Was ich eben erzählt habe, ist daher nicht ohne Interesse, da es unwidersprechlich die Theorie dieser berühmten Physiker bestätigt. — — —

20. April 1818. Benjamin Heyne.

Zusatz von H. F. Link.

Sobald wir blätterreiche Stämme von *Cotyledon calycina* oder *Bryophyllum calycinum* im botanischen Garten hatten und die Witterung heiss genug war, um einen Erfolg von den Versuchen mit denselben erwarten zu können, säumte ich nicht, mich von der auffallenden Erscheinung, welche uns Herr H. Heyne erzählt, zu überzeugen. Da der Geschmack mir ein unsicheres Prüfungsmittel schien, so wählte ich chemische Reagentien, und zwar zuerst mit Lakmustinctur gefärbtes Papier. Ich fand Heyne's Beobachtung völlig bestätigt. Des Morgens färbten abgerissene Stücke von den Blättern jener Pflanze das Papier deutlich roth, des Mittags und Abends gar nicht. Dass die Blätter des Abends bitter schmecken, habe ich nicht bemerkt, und es fehlt uns ein chemisches Reagens für den bittern Extractivstoff. Die anhaltend warme Witterung in diesem Sommer 1818 gab mir Gelegenheit die Versuche oft zu wiederholen, und viele Naturforscher haben sich davon überzeugt. Auch die Vermuthung des Herrn Heyne, dass Licht den Sauerstoff entferne und dadurch die während der Nacht gebildete Säure wiederum zersetze, wurde durch Versuche bestätigt. Ich schloss eine Pflanze an einem völlig dunkeln aber doch warmen Orte ein, und sie röthete des Mittags das Lakmuspapier eben so stark als sie sonst es des Morgens zu röthen pflegte. Je heiterer der Tag war, je stärker die Sonne auf die Pflanze wirkte, desto früher gegen Mittag und desto vollkommener verlor sich die Eigenschaft, das Lakmuspapier zu röthen.

Aber nicht allein diese Pflanze sondern auch andere saftige Pflanzen haben eine ähnliche Wirkung. Ich will hier nur *Cacalia ficoides*, *Portulacaria afra*, *Sempervivum arboreum* anführen, an welchen diese Eigenschaft eben so deutlich ist als an *Cotyledon calycina*. Viele röthen das Lakmuspapier überhaupt nur schwach, aber des Mittags gar nicht, wie die meisten *Mesembryanthema*. Viele röthen auch des Mittags das Lakmuspapier, aber doch schwächer als am Morgen, z. B. *Cotyledon fascicularis*, viele *Pelargonia*, *Crassula spatulata*, viele *Oxalis*-Arten u. s. w. Vielleicht

haben diese an wärmeren Tagen und an Lagen, wo die Sonne sie sehr stark trifft, die Eigenschaft des *Cotyledon calycina* deutlicher. Die Erzeugung oxydirter Stoffe in der Nacht und die Desoxydation derselben am Tage, mag vielleicht eine allgemeine Eigenschaft der Pflanzen, wenigstens der Phanerogamen sein.

Die Säure, welche das Lakmuspapier röthet, muss eine flüchtige oder leicht durch Desoxydation zu zerstörende Säure sein, denn in kurzer Zeit vergeht die rothe Farbe des Papiers und die blaue kehrt zurück. Kohlensäure kann sie darum nicht sein, weil Kohlensäure keine Wirkung auf das Lakmuspapier äussert. Nicht eine von den vielen Pflanzen, welche ich geprüft habe, verursacht einen dauernd rothen Flecken.

Diese Versuche machen es höchst unwahrscheinlich, dass, wie Saussure meinte, der im Licht entwickelte Sauerstoff nur von der zersetzten Kohlensäure herrühre. Ich will nicht läugnen, dass durch das Licht Kohlensäure in der Pflanze zersetzt und dadurch Sauerstoffgas entwickelt worden; aber es ist nicht allein Kohlensäure, welche dadurch zersetzt wird. Die Bereitung oxydirter Stoffe in der Nacht und im Dunkeln, vermuthlich durch Einsaugung des Sauerstoffs, die Zerstörung desselben am Tage und im Licht, vermuthlich durch Entwickelung des Sauerstoffs, stellen einen sonderbaren Periodismus dar, den man mit dem Athemholen vergleichen möchte, wenn nicht die Erfolge zu verschieden wären. Dass aber der Periodismus in den lebendigsten Thieren äusserst schnell und wiederholt geschieht, in den weniger lebendigen langsam, in den noch weniger lebendigen Wesen, den Pflanzen, auf Tag und Nacht eingeschränkt ist, kann man für den gewöhnlichen Lauf der Natur halten.

Das Verdienst von Link (1818) in der Frage, ist wie man sieht, offenbar:

1. dass er die Acidität wissenschaftlich d. h. mit Lakmus prüft;

2. dass er experimentell darthut, dass das Licht und seine Intensität massgebend sind für den Grad der Entsäurung;

3. dass er die Erscheinung auch bei andern *Crassulaceen* findet, ja als eine ganz allgemeine Eigenschaft der Phanerogamen vermuthet.

Erst beinahe 60 Jahre später, im Jahre 1875, wurde die Frage wieder, selbstverständlich unter ganz veränderter wissenschaftlicher Sachlage, berührt, in der Arbeit von Adolf Mayer „Ueber die Bedeutung der organischen Säuren (Landwirthschaftl. Versuchsstationen 1875 Bd. 18). Von derselben berühren hierher gehörige Dinge nur der zweite Theil: „Die Säuren der Crassulaceen“ S. 428—472 und eventuell die nachträgliche Arbeit: „Sauerstoffausscheidung einiger Crassulaceen“ (ebenda Bd. 21 S. 277—347); ihrem grössten, und insbesondere ihrem strittigen Theile nach, gehören

auch diese Aufsätze nicht hierher und brauchen bloss erwähnt zu werden, soweit sie hier behandelte Fragen streifen.

Es ist unzweifelhaft A. Mayers Verdienst die Acidieät der Crassulaceen, insbesondere von *Bryophyllum*, zuerst durch Titration festgestellt zu haben (erste Arbeit S. 429). Derselbe fand ferner, dass junge Blätter der genannten Pflanze eine geringere Acidität als ältere besitzen, und manche Einzelheit, die sich im Folgenden besätigt. Dagegen stimmt es nicht mit meinen Erfahrungen, dass es „nach Lichtperioden" „neutral oder schwach alkalisch reagirende Blätter" gäbe (a. a. O. S. 430). Ich habe, auch in den heissesten Sommertagen (man vergl. unten) zwar colossale Säuredifferenzen zwischen Tag und Nacht, niemals aber ein Verschwinden der Acidität wahrgenommen.

Auch meine Resultate, bezüglich der Bedeutung der atmosphärischen Gase, für die Acidität stimmen nicht mit den seinigen überein.

Der tägliche Säurewechsel ist allgemeine Regel.

Dass die bei *Bryophyllum* so ausgeprägt hervortretende nächtlich höhere und am Tage niederere Acidität und damit ein gewisser „Periodismus" auch bei andere Fettpflanzen vorkommt, hat, wie wir oben gesehen, bereits Linck gefunden. Er hebt für ein weiteres Vorkommen wechselnder Acidität aus der Familie der *Crassulaceen Sempervivum, Crassula* und *Cotyledon,* aus den Compositen *Cacalia,* dem die *Mesembryanthema, Oxalis* und selbst „verschiedene" *Pelargonia* hervor und spricht schliesslich direct die Vermuthung aus, dass dies „vielleicht eine allgemeine Erscheinung bei den Pflanzen, wenigstens den Phanerogamen sein möchte".

Ich habe mich bereits im Winter 1879 von der absoluten Allgemeinheit der Erscheinung bei Blättern und andern Pflanzenorganen überzeugt und in der Sitzung vom 13. März 1880 der Naturforschenden Gesellschaft eine Mittheilung überreicht, in der der tägliche Säurewechsel an 30 Pflanzen (darunter *Dicotylen, Monocotylen* und *Farne*) namhaft gemacht war. An der Allgemeinheit der Erscheinung kann nicht mehr gezweifelt werden. Die Tabelle IV 1 enthält nicht bloss die früher untersuchten sondern eine Anzahl anderer Pflanzen — lange nicht alle untersuchten, an denen (gewöhnlich an den Blättern) Morgends 8 Uhr und Nachmittags 3 Uhr die ungleiche Aciditát festgestellt wurde.

Weitaus die empfindlichsten Pflanzen in dieser Hinsicht sind die Crassulaceen und unter diesen beispiellos hervorragend *Bryophyllum.* Bei diesem fand ich z. B. an sonnigen Augusttagen Nachts die Acidität mehr als 11 mal so gross als bei Tag

(1 cc Saft ergab Tags 0,45, Nachts 5,5 cc Laugenverbrauch). Bei *Echeveria*, die auch empfindlich ist, war am 27. Juni die Acidität Tags 1,6 Nachts 10,5, d. h. 6½ mal höher. Das sind freilich Unterschiede im Sommer in der günstigsten Vegetationszeit; im Winter stellen sie sich der schwächeren Lichtintensität wegen, bei guter Zimmerwärme bedeutend geringer. So fand ich z. B. am 20. Februar für *Bryophyllum* bei 2 cc Saft Tags 0,5 Nachts 1,5: für *Echeveria* bei 1 cc Saft Tags 0,35 Nachts 0,7.

Bei gewöhnlichen Pflanzen ist der Säureunterschied bei Tag und Nacht sehr viel geringer; selbst unter günstigen Verhältnissen im Mai fand ich z. B. bei

	Früh	Nachm.
Rumex	4,6	3,9
Geranium pratense	0,8	0,7
Plantago lanceolata	0,55	0,5

Die Erscheinung beschränkt sich nicht bloss auf Blätter und ihre Theile (Tabelle IV. a), auch Stengelsäfte oder der Gesammtsaft ganzer Pflanzen ist Tags weniger sauer als Nachts. Für die Stengel will ich hier noch ein Beispiel von *Bryophyllum* anführen. 17. November.

	Tag	Nacht
Blatt	4,2	5,2
Stengel	0,9	1,1

Für ganze Pflanzen finden sich in der Tabelle ein Paar Beispiele (Tabelle IV 1 b).

Versuche, welche unter 2 der Tabelle IV zusammengestellt sind, zeigen, dass auch beliebig am Tage durch Einbringen der Pflanzen ins Dunkel eine höhere Acidität erzeugt werden kann; sie zeigen ferner, dass zunächst mit der Dauer der Verdunklung die Acidität steigt, dass aber bei Ueberschreitung gewisser Grenzen ein weiteres Verweilen im Dunkel Säureabnahme hervorruft. Aus diesem Umstande erklärt sich wohl, dass man an trüben Wintertagen oft den täglichen Aciditätswechsel vermisst oder gar umgekehrt findet.

Aehnlich andern Processen im Pflanzenleben, der Stärkemehlbildung im Chlorophyll oder der Wanderung der Chlorophyllkörner in Licht und Dunkel ist die Wirkung des Lichts in den Organen zunächst eine ganz locale. Die Versuche unter 3 der Tabelle IV zeigen, dass man an einer belichteten Pflanze ein Blatt durch Verdunkeln in die Nachtstärke der Acidität versetzen, ja dass man durch Umwickeln mit Staniolbändern Hälften oder beliebige Querstreifen eines Blattes abwechselnd saurer machen kann. Wie bald sich eventuell solche Differenzen ausgleichen, darüber habe ich keine Erfahrung; dass sie sich aber ausgleichen möchte ich daraus schliessen, dass nachweislich bei Tag die im Boden befindliche Wurzel auch an der Entsäurung theilnimmt.

Hinsichtlich der Bedeutung der verschiedenen Lichtfarben für die Entsäurung sind die Organe dem allgemeinen Gesetze untergeordnet, dass chemische Wirkungen durch die rothe Spectrumhälfte leichter erzeugt werden als durch die blaue. Die Versuche, die ich mittheile (Tabelle IV n. 4), sind mit doppelwandigen Glocken der gleichen Art, wie die in Pringheim's Jahrb. Bd. VII S. 515 von mir beschriebenen.

Ausser den in der Tabelle angegebenen mögen hier zwei sehr schlagende Exempel stehen: Am 12. Mai wurden bei sonnigem Wetter möglichst gleiche Exemplare von *Bryophyllum* mit 4—5 Blattpaaren ausgewählt, die eine Hälfte der Blätter früh 8 Uhr zur Controlle abgenommen, die andere, am Stengel befindlich und in Wasser stehend, entweder in farbloser wassergefüllter, oder in Glocke mit Kaliumbichromat, endlich mit Kupferoxydammoniak bis Nachmittag 2½ Uhr verweilen lassen. Zur Constatirung der Säure 1 cc Saft.

	Normal	Gelbes Licht	Blaues Licht
Ursprüngliche Säure	1,1	0,9	1,3
Säure am Nachmittag	0,2	0,3	0,7
Verhältniss der Entsäurung	1 : 5	1 : 3	1 : 2

Am 17. Mai von 7—2 Uhr gleicher Versuch unter etwas weniger günstigen Verhältnissen:

	Normal	Gelbes Licht	Blaues Licht
Ursprüngliche Acidität	1.25	0.85	0.8
Säure am Nachmittag	0.4	0.4	0,8
Verhältniss der Entsäurung	1 : 3	1 : 2	0

Es ergibt sich aus dem Angeführten klar:

1. dass die Entsäurung sowohl im gelben als im blauen Licht, in ersterem aber entschieden energischer vor sich geht;

2. dass keine von den beiden Spectralhälften für sich so energisch entsäuert als die beiden Hälften zusammen.

Aus dem in der Tabelle aufgeführten Versuch 1d ist auch zu ersehen, dass die Verarbeitung der Säure im gelben Licht absolut grösser ist als im blauen.

Es war nur zu erwarten, dass sich unter diesen Verhältnissen eine vollständige tägliche Periodicität der Saftsäure herausbilden müsse. Dieselbe ist in einer Anzahl unvollständiger aber ausreichend beweisender Beispiele in Tabelle IV n. 5 für einige Crassulaceen dargestellt. Mit welcher Regelmässigkeit sich

dieselbe vollzieht, ist für den Tagesabschnitt der Periode aus der No. 5 zu sehen. Hier will ich ein vollständiges Beispiel von der Periode durch 24 Stunden bei *Bryophyllum* vorführen.

Am 9. August, einem normal warmen und sonnigen Tage, wurden 60 Stück unter einander überaus schön übereinstimmender tadelloser Exemplare von circa 2 dc Höhe und 3—4 grossen Blattpaaren ausgewählt und paarweise hintereinander ins Zimmer an Westfenstern die Nacht über aufgestellt.

Der Witterungsverlauf am 10. August, dem Beobachtungstage war folgender: der Morgen war völlig klar, zwischen 7 und 8 Uhr erschienen Wolken, die bis gegen 10 Uhr oft die Sonne verdunkelten. Von 10 ab blieb die Unterbrechung der Sonne kürzer, bis gegen 1 Uhr. — Von da ab waren die Pflanzen direct von der Sonne getroffen und zwar von 1—2 Uhr mit, von 2—3 fast ohne Unterbrechung, von 5—6 Uhr ist nur wenig Sonne vorhanden, um 6³/₄ Uhr verschwindet dieselbe für die Pflanzen und unter den Horizont. — Am 11. August ist der Morgen klar, die Dämmerung beginnt zwischen 3 und 4 Uhr, ist um 4 Uhr perfect, zwischen 4 und 5 Uhr tritt voller Tag ein.

Die Acidität von 1 cc Saft (Stengel und Blätter).

	Zeit	Laugenverbr.		Zeit	Laugenverbr.	Zeit	Laugenverbr.
10. August	6am	4,9		4p	0.8	2a	3.3
	7a	5.5		5p	0.6	3a	4.7
	8a	4.0		6p	0.55	4a	4 8
	9a	4,25		7p	0.45	5a	3,9
	10a	4.2		8p	0,9	6a	4.7
	11a	3 45		9p	1.3	7a	5 0
	12m	3.5		10p	1,7	8a	4.8
	1p	3,4		11p	2.0	9a	4.5
	2p	1,85	11. Aug.	12p	2,7		
	3p	1.7		1a	3.4		

Die Acididät hat in den ersten Morgenstunden ein Maximum, von diesem an fällt dieselbe stündlich während des Tages bis zum Abend, wo sie ein Minimum erreicht, um dann während der ganzen Nacht von Stunde zu Stunde bis zum Nachtmaximum am frühen Morgen anzusteigen.

Es scheint mir nicht werthlos, darauf hinzuweisen, dass allem Anschein nach die Nacht eine Nachwirkung von mehreren Stunden in den Tag hinein zeigt, dass aber ein Gleiches nicht bei der Lichtwirkung hervortritt: das nächtliche Maximum fällt weit in den Tag hinein, das tägliche Minimum unmittelbar mit der stärksten Lichtwirkung zusammen. Der Lichtmangel macht sich langsamer geltend als die

Lichtwirkung; Auftreten und Verschwinden directer Sonne drückt sich in obigem Beispiel haarscharf aus.

Es muss vorläufig dahin gestellt bleiben, ob sog. secundäre Hebungen und Senkungen, kleine Maxima und Minima, von denen man in den beiden Beispielen stündlicher Periodicität Andeutungen finden kann, wirklich bestehen oder nicht.

Die Beziehungen der atmosphärischen Gase speciell des Sauerstoffs und der Kohlensäure der Luft zur Acidität sind in 3 Versuchsreihen (Tabelle IV Absch. 6, 7 und 8) darzustellen gesucht.

1. Die Versuche in Abth. 6 behandeln experimentell die Frage, ob in Kohlensäure- oder Wasserstoffatmosphäre (also bei Abschluss von O) nächtliche Säurebildung stattfindet. Sie sind auf verschiedene Weise angestellt. Die unter n. 1 beweisen nur, dass die Säurebildung in natürlicher Luft viel höher ausfällt, als wenn man diese durch CO_2 ersetzt. Viel schlagender beweisen die Versuche 2—4: bringt man im Licht entsäuerte Pflanzen in CO_2, so bilden sie über Nacht keine Säure und sind am andern Morgen genau von so geringer Acidität, wie am vorhergehenden Mittag. Die kaum nennenswerthe, gelegentlich hervortretende Säurebildung darf wohl als Werk in der Pflanze zurückgebliebenen Sauerstoffs betrachtet werden. Die Versuche 6—7 beweisen noch schöner; denn sie stellen an halbirten Rosetten Normal- und Kohlensäurewirkung unmittelbar nebeneinander.

Die Versuche in H zeigen zwar kein so schlagendes Ausbleiben der Säurebildung, aber doch eine so bedeutende Behinderung derselben, dass auch sie ungezwungen für einen Beweis der Nothwendigkeit der Sauerstoffathmung in Anspruch genommen werden dürfen.

Es ist allerdings auffallend, hier und in den folgenden Versuchen, wie die beobachteten Processe in CO_2 viel entschiedener unterbleiben als in H. Man könnte auf den Gedanken kommen, dass die CO_2 eine specifische d. h. nicht bloss sauerstoffentziehende Wirkung äussere. — Soviel kann ich vorläufig versichern, dass die CO_2 nicht tödtend wirkt, und dass Pflanzen aus CO_2 in gewöhnliche Luft gelangt, wieder actionsfähig werden. — Unter diesen Verhältnissen kann man sich auch vorstellen, dass die Wirkung von CO_2 und H bloss quantitativ verschieden und vielleicht so zu erklären seien, dass z. B. durch den H der atmosphärische Sauerstoff nicht vollständig genug vertrieben werde.

Jedenfalls sehen wir, dass die Säurebildung im Zusammenhang mit der Athmung steht, und da sie unter Verhältnissen erfolgt, unter denen von Aussen nur

Sauerstoff, nicht andere Kräfte zugeführt werden, so können wir sie als unmittelbar mit der Athmung zusammenhängend bezeichnen.

2. Die Versuche in Abth. 7 behandeln den Einfluss des Sauerstoffs im Licht und konnten aus naheliegenden Gründen nicht in ruhender Atmosphäre, sondern nur in raschem Gasstrom gemacht werden. Es zeigt sich, dass in CO_2 im Licht die Entsäurung gänzlich unterbleibt, in H bald mehr bald weniger sistirt wird; also auch für die Umbildung der Säuren kann der Sauerstoff nicht entbehrt werden. Wenn wir wissen, dass durch Sistirung der Athmung jede Lebensbewegung sistirt wird, kann es nicht Wunder nehmen, dies auch bei der Säureumbildung zu finden; im Uebrigen ist der Process der Säureumbildung mit dem Vorgang der Athmung sicher nur unter Mitwirkung des Lichtes, also nicht so unmittelbar, vielleicht sogar nur sehr mittelbar, auf dem Umwege langer Reihen secundärer Processe, in Verbindung.

Aus ein Paar Versuchen, wo Lichtpflanzen sich in reinem Sauerstoff finden, scheint im Vergleich zu den Luft- oder CO_2-Pflanzen hervorzugehen, dass reiner Sauerstoff für die Säureumbildung nicht so günstig wirkt als das natürliche Gasgemisch der Atmosphäre (Tab. IV Abth. 7 b).

3. Ich führe unter Abth. 8 einstweilen einige von zahlreichen anderwärts mitzutheilenden Versuchen auf, welche die Lichwirkung bei Mangel der natürlichen atmosphärischen Kohlensäure behandeln. Die Säureumbildung ist nicht an das Vorhandensein von CO_2 gebunden. Sieht man als Grundphänomen der Assimilation die Aufnahme von CO_2 von Aussen und Bindung derselben in der Pflanze an, so ist die Entsäurung ohne allen Zusammenhang mit dem Assimilationsprocess, also ein reiner Stoffwechselvorgang.

IV. Ursache der sauren Reaction der Säfte und des täglichen Säurewechsels. Entstehung der Pflanzensäuren.

Nach dem jetzigen Stand unserer Kenntnisse von den Ursachen der sauren Reaction der Zellsäfte lassen sich zweckmässig zwei Gruppen von Pflanzen auseinander halten, die sich aber, soweit sich sehen lässt, nicht sowohl durch verschiedene Ursachen der Acidität, als durch den verschiedenen Grad der Sicherheit unserer Kenntniss derselben unterscheiden. Bei einer Anzahl Pflanzen nemlich — es ist eine relativ geringe, hat die selbst durch den Geschmack auffallende Menge der sauren Substanzen schon frühzeitig Anlass gegeben, chemische Untersuchungen anzustellen, und dabei sind schon vor 100 Jahren wesentlich 4 Säuren, die gerade desshalb den Namen „Pflanzensäuren“ κατ᾽ ἐξοχήν erhalten haben, nemlich: Weinsäure (1769), Oxal-

säure (1779), Citronsäure (1784) und Apfelsäure (1785) als Ursache des sauren Charakters gefunden worden. Freilich sind es meist Früchte, an denen sie als Ursache der Acidität erkannt sind und von vegetativen Organen, in denen sie eine exquisite Acidität verursachen, werden nur wenige genannt. Doch dürfen z. B. neben den Sauerkleearten (Rochleder, Phytochemie S. 59) und dem Rhabarber (a. a. O. S. 197), besonders die Crassulaceen und Fettpflanzen überhaupt (*Sempervivum, Sedum, Mesembryanthemum* a. a. O. S. 76) hervorgehoben werden, bei denen bestimmte Pflanzensäuren als Ursachen ihrer Acidität nachgewiesen sind.

Bei der überwiegenden Mehrzahl der Pflanzen aber tritt der saure Charakter nur sehr schwach hervor und hier ist streng genommen nicht bekannt, woher derselbe rührt. Die Thatsache aber, dass bei Analysen zahlloser Pflanzen fast immer wieder und wieder kleinere oder grössere Mengen oben genannter Säuren gefunden worden, rechtfertigt es, dass man allgemein auch in diesem Falle die genannten oder doch verwandten Säuren als die Ursache der Acidität ansieht, und nicht etwa an organische Körper ganz anderer Constitution oder anorganische Verbindungen denkt; statt aller weiterer Citate will ich zum Beleg auf den jüngsten Ausspruch von Sachs (Vorlesungen S. 397) verweisen. Soweit meine Untersuchungen reichen, kann ich mit Bestimmtheit erweisen, dass in den oben genannten Crassulaceen, speciell bei *Bryophyllum, Echeveria, Sempervivum* und dann bei *Mesembryanthemum* die Apfelsäure, die Ursache der sauren Reaction ist; für die erstgenannte Pflanze hat das mit Sicherheit schon Ad. Mayer erwiesen (Landwirthsch. Versuchsstationen Bd. XXI S. 293 ff.) Was die grosse Mehrzahl der übrigen Pflanzen anlangt, darf man für sie, wenn auch nicht gerade ausschliesslich die verbreitetste aller Pflanzensäuren*), so doch gewiss die Nahverwandten oder wenigstens Glieder der Fettsäurereihe einzeln oder in Combination in Anspruch nehmen**). Hauptbeweiss dafür, dass es sich um diese oder ähnliche Säuren handeln wird, liegt meines Erachtens darin, dass diese unbekannten Säuren der gewöhnlichen Pflanzen sich physiologisch d. h. in ihrer Reaction gegen innere oder äussere Reize, wenigstens soweit ich darüber Erfahrung habe, ganz so verhalten, wie die bekannten der Crassulaceen***).

---

*) Husemann, Pfl.-Stoffe. 2. Aufl. 1882 S. 195—196.

**) Nur bei den Keimpflanzen möchte ich Zweifel hegen, ob bei der sauren Reaction nicht andere Körper, beispielsweise anorganische Salze, in Frage kommen.

***) Wenn die massenhafte Aepfelsäure der Crassulaceen, bei diesen Pflanzen vielleicht eine specielle Aufgabe zu erfullen hat — so thut dies der Annahme keinen Abtrag, dass sie zugleich auch dieselbe Aufgabe habe, wie die geringe Säuremenge bei den gewöhnlichen Pflanzen.

Physiologisch ist die nähere Kenntniss dieser Säuren ohnehin einstweilen gleichgültig, weil zur Zeit die Lösung keiner Frage von der Kenntniss der speciellen Natur der Säure abhängt und so mag einstweilen — vorbehaltlich einer späteren besseren Belehrung — zur Bezeichnung der fraglichen Säuren der Name „Pflanzensäuren“ physiologisch ebenso zu Recht und Nutzen bestehen, wie die Bezeichnungen „Kohlehydrate“ oder „Zucker“.

Nehmen wir bis auf Weiteres an, dass das von den Crassulaceen Gefundene mutatis mutandis von den übrigen Pflanzen gelte, so erhalten folgende Sätze. die ich anderswo ausführlicher begründe, erhöhte Bedeutung:

1. Bei *Bryophyllum, Echeveria, Sempervivum, Mesembryanthemum* u.s.w. rührt, wie schon Ad. Mayer behauptet hat, die saure Reaction wesentlich von Aepfelsäure her.

2. Die höhere nächtliche Acidität und die Verminderung derselben bei Tag rühren von einer nächtlichen Neubildung und einer am Tag sich vollziehenden Umbildung der Aepfelsäure.

3. Neben der relativ geringeren Menge freier Aepfelsäure kommen in den genannten Pflanzen ansehnlichere Mengen von Kalkmalat vor.

4. Dass die freie Säure und das Kalksalz in näherer Beziehung zu einander stehen, darf zweifellos angenommen werden und ohne Zweifel auch das, dass die freie Säure zuerst entsteht und später an Kalk gebunden wird. Die Annahme dagegen, dass etwa der tägliche Aciditätswechsel seinen Grund darin habe, dass die bei Nacht entstandene Säure am Tage durch Bindung an Kalk zum Theil neutralisirt werde, rechtfertigt sich durch zahlreiche bisherige Versuche nicht. Dieselben zeigen vielmehr, dass zwischen Nacht und Tag die Menge des Kalkmalats unverändert bleibt (Tabelle V Versuch 1), dass also Salzbildung nicht die Ursache der geringeren Acidität bei Tage sein kann.

Da umgekehrt die Menge des Kalkmalats auch von einem Tag auf den andern (über Nacht) gleich bleibt (Tab. V Versuch 2), so ist auch sicher, dass die nächtliche höhere Acidität nicht auf Kosten des Kalksalzes, d. h. durch Freiwerden von Säure, hergestellt sein kann.

Nachdem wir im Vorhergehenden die thatsächlichen Ergebnisse der Untersuchung dargelegt haben, erübrigt es noch, an der Hand des Neugewonnenen eine Frage zu beleuchten, deren Beantwortung von grösster Wichtigkeit ist: es ist die Frage, welchem nächsten physiologischen Processe die Säuren ihre Entstehung verdanken?

Darüber bestehen zur Zeit bekanntlich zwei diametral entgegengesetzte Ansichten:

1. Nach der einen sind die Säuren die ersten Glieder der Assimilationsreihe, primäre Producte der Pflanzenthätigkeit, hängen direct mit der CO_2-Assimilation zusammen und bilden den Uebergang bei der Desoxydation dieser zu Kohlehydraten. Diese Ansicht ist von den Chemikern, Liebig an der Spitze, mit Vorliebe festgehalten, früher wohl auch von einzelnen Botanikern getheilt worden*). Ausser auf theoretische Gründe von der Verwandtschaft der Säuren und Kohlehydrate, stützt sie sich wesentlich auf die von der praktischen Chemie sehr beliebten Analysen reifender Früchte, in denen mit dem Verschwinden von Säuren Zuckervermehrung u. s. w. constatirt wurde.

2. Die Andern betrachten die Pflanzensäuren als „Oxydationsproduct", als Körper, welche im Stoffwechsel ausgeschieden, noch mannichfaltige Umbildungen oder Verbindungen eingehen können, aber jedenfalls secundäre Producte, wohl der Kohlehydrate und Fette, sind. Dieser Ansicht waren mit Vorliebe die Pflanzenphysiologen von Fach zugeneigt. Specialuntersuchungen über den Gegenstand liegen aber von dieser Seite gar nicht, und auch die Aeusserungen darüber nur spärlich vor**).

Es ist noch unsere Aufgabe nachzusehen, welche der beiden Ansichten durch vorliegende Untersuchung Stütze erhält.

Von diesen 2 Ansichten ist die erste, dass die Säuren Anfangsglieder in der Assimilationsreihe seien, auch durch keine einzige der vorhergehenden Thatsachen zu stützen; Alles spricht vielmehr dagegen.

1. Die Säuren bilden sich im Dunkeln, bei etiolirenden Pflanzen so gut als im Licht, oder sogar in hervorragendem Maasse. Unter diesen Verhältnissen nimmt aber bekanntlich die Pflanze von Aussen nicht CO_2 auf, sie nimmt nicht an organischer Substanz zu, sondern ab. Die Säuren müssen sich also hier aus bereits vorhandenen organischen Substanzen als Stoffwechselproducte bilden. Nun könnte man zwar zugeben, dass in diesem Falle die Säuren Umwandlungsproducte etwa der Kohlehydrate oder Fette seien, aber entgegenhalten, dass dies noch nicht Beweise, dass sie nicht

*) Liebig, Chemie in ihrer Anw. auf Agric. und Physiol. 8. Aufl. 1865 z. B. S. 50 oder Rochleder, Phytochemie 1854 S. 322. — Nägeli, Systematische Uebersicht der Erscheinungen im Pflanzenreiche 1853 S. 11 Anm. — Diese Citate nur als allgemeine Belege; die grosse Masse der hieher gehörigen Literatur physiologisch zu sichten lohnt sich kaum.

**) Statt aller weiteren Belege: Sachs, Vorlesungen S. 488. — Ebenso hat sich auch Ad. Mayer, Agriculturchemie 1. Aufl. I, 139 ausgesprochen.

in andern häufigeren und wichtigeren Fällen dennoch Assimilationsproducte seien. Ein gleicher Fall käme ja auch bei den Stärkekörnern vor, die im Chlorophyll als Assimilationsproducte betrachtet würden, bei der Keimung z. B. ölhaltiger Samen dagegen zweifellos Stoffwechselproducte seien. Bei dieser Einwendung würde freilich vergessen, dass bei Dunkelpflanzen die Stärke sich nur in geringen Mengen und vorübergehend, die Säuren dagegen in Massen und bleibend bilden.

2. Aber die Säuren bilden sich auch sonst, unter normalen Verhältnissen, nicht am Tag, sondern bei Nacht, im Dunkeln. Sie entstehen nicht zur Zeit, wo der Kohlenstoff der CO_2 in die Pflanze aufgenommen und gebunden wird, sie sind demnach unmöglich das erste Assimilationsproduct. Im allergünstigsten Falle könnten sie ein späteres in der Nacht entstehendes Glied der Reihe der Assimilationsproducte sein.

3. Derselbe Fall, dass sie höchstens ein Mittelglied zwischen den ersten Assimilationsproducten und Kohlehydraten darstellten, wäre gegeben, wenn etwa die in der Nacht gebildete Säure am andern Tag im Licht unter neuem Zutritt von CO_2 resp. von Kohlenstoff der CO_2 zu einem neutralen Körper (etwa Kohlehydrat) umgebildet würde d. h. wenn sich also erst am zweiten Tag unter Einfluss des Lichts mit der Säure neuer Kohlenstoff zu einem kohlenstoffreicheren Körper verbände. Ich werde in der That anderwärts zeigen, dass am Tag beim Verschwinden der Säure reducirende Substanz (Zucker) gebildet wird. Aber einerseits stehen Säure und reducirende Substanz durchaus in keinem Verhältniss; andrerseits — und das ist die Hauptsache — geht dieser Process auch in CO_2 freier Atmosphäre vor sich — ist also ein Stoffwechselprocess.

Die Schwierigkeiten, denen wir beim Versuch, die Säuren in irgend einer Beziehung zur Assimilation zu setzen, begegnen, heben sich sofort, wenn wir dieselben als Athmungsproducte, als Stoffe ansehen, welche beim Athmungsprocess der Pflanze, bei den durch den Sauerstoff der Luft eingeleiteten Oxydationsprocessen als Nebenproducte entstehen; wobei dahin gestellt bleiben muss, ob dieselben so ohne Weiteres als Oxydationsproducte der stickstofflosen Körper (Kohlehydrate und Fette) entstehen, oder ob ihre Entstehung eine complicirtere ist, bei der die Spaltungen der Eiweisskörper mit in Frage komme.

1. Die Säuren sind nur als secundäre Producte, als Athmungsproducte zu verstehen beim Keimungsprocess und bei etiolirenden Pflanzen insbesondere, wo dieselben sich nicht bloss aus dem Samen bilden, sondern im Dunkel auch eine Zeitlang fortwährend vermehren, und wo, wie wir gefunden haben, sie sogar in erhöhtem Maasse entstehen; ihre Umarbeitung erst beginnt, wenn die Pflanzen ans Licht

kommen, d. h. ausser den mit Athmung zusammenhängenden Stoffwechselprocessen auch noch andere sich vollziehen.

2. Die Säuren verstehen sich ungezwungen als Athmungsproducte, beim nächtlichen Auftreten in der täglichen Periode. Wir wissen, dass mit dem Verschwinden des Lichts am Abend der Athmungsprocess der Pflanze allein rein und klar hervortritt — da sehen wir auch die Säuren klar erscheinen. Heben wir die nächtliche Athmung durch Entzug des Sauerstoffs auf — da bleibt auch die Bildung der Säuren aus. Daraus dürfen wir wohl berechtigt schliessen: die Säurebildung steht in einem näheren Zusammenhang mit der Athmung. Der Einwand, dass auch die Entsäurung, die Säureumbildung, an das Vorhandensein von Sauerstoff gebunden ist, trifft, wie ich bereits oben andeutete, nicht. Es beweist die letztere Thatsache nur, dass auch für die Säureumbildung, wie für jeden andern Lebensprocess schliesslich der Sauerstoff die Kräfte liefern muss; während man sich der ganzen Sachlage nach vorzustellen hat, dass die Säuren directere Spaltungs-, directe Oxydationsproducte sind, ohne dass der Pflanze andere Kräfte von aussen zu Hülfe kommen, ist die Säureumbildung insofern jedenfalls nur mittelbar an den Athmungsprocess gebunden, als hiezu neben Sauerstoff ganz besonders die vom Lichte gelieferten Kräfte nöthig sind.

3. Ich halte es schliesslich für einen Beweis von nicht geringem Gewicht, dass die Säurebildung ganz auffallend in denjenigen Theilen hervortritt, die den Träger der Athmung, das Protoplasma, in hervorragendem Maasse enthalten. Ich erinnere zunächst an die oben am Ende des Cap. I hervorgehobenen Thatsachen, die sich wesentlich in diesem Sinne deuten lassen; ich erinnere daran, dass junge Pflanzentheile relativ säurereich sind; endlich will ich erwähnen, dass z. B. bei Hut-Pilzen das sporentragende Hymenium stets saurer gefunden wurde, als die übrige Hut- oder Strunksubstanz*).

Welche Stoffe liefern das Material zur Bildung der Pflanzensäuren?

Alle diejenigen, welche die Säuren nicht mit dem Assimilationsprocess in Zusammenhang bringen, haben dieselben mit Vorliebe als Oxydationsproducte der Kohlehydrate angesehen: „Als die am deutlichsten erkennbaren Zeichen der mit der nor-

*) Die saure Reaction überhaupt wurde z. B. festgestellt bei *Bulgaria, Daedalea, Boletus bovinus, Lycoperdon, Amanita muscaria, Cantharellus cibarius, Hypholoma fasciculare, Nostoc* u. s. w. Der Grad der Acidität scheint sehr verschieden, während *Lycoperdon* und *Nostoc* schwach reagirten, erschienen *Boletus* und *Cantharellus* ziemlich stark sauer. Die stärker saure Reaction des Hymenialgewebes tritt gewöhnlich auffallend hervor. Ein Beispiel in Zahlen: *Agaricus* 48 gr Substanz mit 30 cc Wasser zerrieben. Relative Acidität von Strunk 1,0, Lamellen 1,6.

malen Athmung verbundenen Oxydationsvorgänge dürfen wir vielleicht die Bildung sauerstoffreicher Säuren mit dem Beginn der Keimung und ebenso in austreibenden Knospen betrachten,. welche ganz offenbar auf Kosten der Kohlehydrate und Fette entstehen" (Sachs, Vorles. S. 488).

Es liegt gewiss am nächsten Kohlehydrate und Fette als Muttersubstanzen der Pflanzensäuren anzusehen; zwingende Gründe aber liegen nicht dafür vor, wenigstens nicht dafür, dass sie daraus direct hervorgehen; diese Stoffe könnten ja auch nur in ähnlicher Weise das Materiale zur Bildung der Säuren darstellen, wie sie es nach neuerlichen Anschauungen zur Bildung der ausgeathmeten Kohlensäure sind. Thatsachen, welche für das Eine oder Andere sprächen, habe ich nicht beizubringen. dagegen möchte ich auf eine Anzahl Sätze hinweisen, die, ich möchte fast sagen, morphologische Beziehungen zwischen Kohlehydraten und Säuren constatiren. Es zeigte sich nemlich bei meinen Untersuchungen eine gewisse Correlation zwischen beiden Stoffreihen, so, dass mit der Vermehrung des einen eine Verminderung des Andern Hand in Hand geht, freilich durchaus in Disproportion. Die nöthigen Belege werde ich zum Theil anderwärts beibringen; hier die nackten Sätze:

1. Es ist nachweislich, dass in der Nacht in den Blättern die (Kupfer) reducirenden Substanzen absolut abnehmen, während die Säuren zunehmen.

2. Umgekehrt vermindert sich am Tage die Säure, die reducirenden Substanzen nehmen ansehnlich zu. Vgl. Tabelle IV Abth. 8.

3. Bei Schwerkraftskrümmungen wird die Unterseite zuckerreicher, säureärmer. Heft II S. 40—41 und Tabelle II, 2 No. 16 ff. Ein Aehnliches ist bei den Schüttelversuchen wahrgenommen worden. Heft II S. 65 und Tabelle III, 2.

4. Junge Blätter, junge Knollen *(Dahlia)* sind relativ säurereicher und zuckerärmer als erwachsene.

5. Im wachsenden Stengel nimmt von oben nach unten die Säure relativ ab, der Zucker zu. Vgl. Heft II.

Tabelle I.

Stengel und Blatt.

1. *Rumex acetosa.* 29. Juni. Mit Blüthenknospen versehene Stengel etwa ½ m hoch. Die Stengel bis auf die Knospe einerseits, alle ansitzenden Blätter andrerseits. Klarer wasserheller Saft 1 cc.

Blätter 2,0
Stengel 1,5.

2. *Lonicera villosa,* eod. Junge Triebe von der Knospe bis zu den verholzten Internodien. Die Stengeltheile und alle ansitzenden Blattpaare. Saft trübe, auch nach dem Filtriren. 1 cc.

Blätter 2,0
Stengel 1,0.

3. *Sambucus nigra,* eod. Die wachsenden Sprosse mit Knospen, die zugehörigen Blätter. Saft nach dem Aufkochen braun, aber klar. 2 cc.

Blätter 6.0
Stengel 4.0.

4. *Heterocentron roseum.* 9. Nov. in Blüthe. Blätter und Stengel. Klarer Saft. 1 cc.

Blätter 4.45
Stengel 3,95.

5. *Begonia fuchsioides.* 24. Nov. Der Stengel der Pflanze 22,5 gr wiegend mit 45 cc Wasser, die gesammten Blätter 16,5 gr wiegend mit 33 cc Wasser zerrieben. 2 cc.

Blätter 3,2
Stengel 2,25.

6. *Coleus.* 13. Octob. Etwa 3 dcm hohe Topfexemplare. Ausgewachsene Blätter und ganze Stengel, in gleichen Gewichtsmengen ausgekocht, Extract auf gleiches Volum gebracht.

Die Blätter haben die doppelte Menge freier Säure wie die Stengel.

Blattfläche und Blattstiel.

7. *Sambucus nigra.* 1. Juli. Fläche und Stiel ausgewachsener Blätter; Saft, aufgekocht, klar aber braun. 1 cc.

Fläche 0,8
Stiel 0,5.

8. *Bryophyllum.* 15. Oct. 2 dcm hohe Exemplare mit 6 Blattpaaren Stiele und Fläche in gleichen Gewichtsmengen. Relativer Laugenverbrauch.

Fläche 2,0
Stiele 0,5.

Etiolirte und normale Keimpflanzen.

9. Etiolirte *Dahlien,* 0,5 m lang, Stengel völlig weiss, Blätter klein und rein goldgelb.

a) Blattfläche; b) obere; c) untere Internodien.

Je 4,3 gr Substanz mit 30 cc Wasser zerrieben. In 2 cc Lösung.

a) 0,9
b) 0,6
c) 0,5

Derselbe Versuch, nur Stengel und Blatt.

Blatt 0,8
Stengel 0,6.

Ein gleicher Versuch mit etiolirter *Mirabilis* ergibt bei 2 cc

Blatt 0,6
Stengel 0,5,
bei 5 cc Blatt 1,5
Stengel 1,0.

10. Etiolirte Keimlinge. Cotylen und erste Stengelglieder. Extrakt mit kaltem Wasser. Februar. 2 cc.

a) *Hosakia Wrangeliana*	Cot.	0,3
	Stgl.	0,3;
b) *Vicia atropurpurea*	Cot.	0,4
	Stgl.	0,3;
c) *Dolichos ornatus*	Cot.	0,4
	Stgl.	0,3;
d) *Soja hispida* (5 cc)	Cot.	2,0
	Stgl.	1,5.

Die beiden letzten Pflanzen, in 1tägiger Lichtexposition deutlich ergrünt, ergeben dasselbe Resultat.

11. *Vicia Faba.* Keimpflanzen, etiolirt. Epicotyle Glieder im Mittel 8 cm, Wurzeln 14 cm lang. Relative Acidität des Decocts.

Epicotyl	0,8	2,7
Wurzel	0,5	2,0.

Drei gleiche Versuche ergeben analoge Zahlen.

12. Versuche mit etiolirtem *Phaseolus.* November. Gleiche Gewichtsmengen von Wurzel, Stengelgliedern und Cotylen mit gleichen Mengen Wasser zerrieben. Relative Acidität.

	Cot.	Stengel	Wurzel
a)	1,7	1,1	1,0 (2 cc)
	—	2,3	2,0 (bei 4 cc);

b) Der gleiche Versuch. Stengel 10—11 cm lang.

	Cot.	Stengel	Wurzel
bei 2 cc	0,9	0,6	0,5
bei 4 cc	1,7	1,3	1,1;

c) Desgl. Stengel 10—13 cm lang.

	Cot.	Stengel	Wurzel
bei 2 cc	1,0	0,8	0,8
bei 5 cc	2,0	1,0	1,0:

d) Ein gleicher Versuch. a) Dunkel- und b) Lichtpflanzen.

		Cot.	Stengel	Wurzel
a)	bei 2 cc	0,7	0,5	0,5
	bei 5 cc	—	2,0	1,8
b)	bei 2 cc	0,6	0,5	0,5
	bei 5 cc	—	1,65	1,5

e) Stengel 7—9 cm lang.

	Cot.	Stengel	Wurzel
bei 2 cc	0,5	0,4	0,4
bei 5 cc	1,4	1,1	1,0.

13. *Bryophyllum.* Wurzel und Stengel. Gleiche Gewichtsmengen mit Wasser erschöpft und auf gleiches Volum gebracht. Rel. Acidität.

Wurzel	1,7
Stengel	1,0.

14. Derselbe Versuch mit *Sempervivum*.

Wurzel 0,45

Stengel 0,4.

15. In gleicher Weise, wie vorher, wurden verschiedene Versuche mit *Sempervivum* und *Echeveria* gemacht. Gleiche Gewichtsmengen von Stamm (ganz d. h. mit Knospe), Wurzel und Blättern. — Die Verhältnisszahlen fielen immer, wie im Folgenden aus, z. B. *Echeveria secunda*

Blatt	0,5	0,5
Stamm	1,0	1,0
Wurzel	1,0	1,3.

16. In einem Versuch mit *Bryophyllum*, von 2 dcm Höhe, 6 Blattpaaren an federdickem Stengel, wurde die Acidität festgestellt

a) Stengel	0,3
b) Blattstiel	0,4
c) Blattfläche	1,4
d) Wurzel	0,6.

Versuche mit Keimlingen in erdefreiem Boden.

Die folgenden Versuche sind mit Keimlingen gemacht, die entweder in destillirtem Wasser oder in gereinigten Sägespänen erwachsen waren.

a) Keimlinge aus destillirtem Wasser.

17. *Vicia Faba*. Wurzel 6—8 cm, Epicotyl 3,5 cm lang. Gleiche Gewichtsmengen erschöpft und auf gleiches Volum gebracht. Relative Acidität in 5 cc Lösung.

Wurzel 0,5 Epicotyl 0,75.

Der gleiche Versuch mit *Pisum*: Wurzel 0,3 Epicotyl 0,4.

Ein weiterer Versuch desgl. mit *Vicia Faba* ergab analoges Resultat.

b) In ausgekochten Sägespänen.

18.	*Phaseolus*.	Wurzel 0,4	Epicotyl	0,55.	Ein zweiter Versuch gleich.
	Vicia Faba.	Wurzel 1,0	Epicotyl	1,2.	Ein zweiter Versuch gleich.
	Phaseolus.	Wurzel 0,3	Hypocotyl	0,45.	
	Pisum.	Wurzel 0,3	Epicotyl	0,4.	

19. *Sambucus*-Internodien, bei denen sich die Rinde glatt vom angehenden Holze lösen lässt, deren Mark aber noch vollsaftig war. Saft, um das 50fache mit Wasser verdünnt. Davon brauchten an Lauge 5 cc

der Rinde 1,0 des Markes 0,5.

20. Triebe von *Forsythia viridissima*. Gleiche Mengen mit Wasser kochend extrahirt. Relative Acidität in

Rinde 0,8 Mark 0,3.

21. *Mesembryanthemum depressum* Haw. Die grossen fleischigen Blätter (früh 9 Uhr, 1. Juli) so geschält, dass die grüne Rinde und das farblose Mark des Blattes möglichst sauber getrennt werden. Gleiche Gewichtsmengen mit Wasser kochend erschöpft. — Relative Acidität:

Rinde 0,7 Mark 0,3.

Der Zucker ist umgekehrt in dem Mark reichlicher vorhanden.

Ein ähnlicher Versuch von Dunkelpflanzen ergab Rinde 1,7 Mark 0,5.

22. *Mesembryanthemum linguaeforme*. In gleicher Weise behandelt und zwar a) von Dunkelpflanzen d. h. solchen, die Morgens 8 Uhr zum Versuche kamen, nachdem sie die Nacht über dunkel gestanden und b) Lichtpflanzen, die von Früh bis Nachmittags 1 Uhr in der Sonne waren.

Dunkelpflanzen	Rinde 1,3	Mark 0,35
Lichtpflanzen	3,4	0,7.

23. Dieselbe Pflanze. Saft. Bei 2 cc

	Rinde 5,3	Mark 2,3.
Ein gleicher Versuch.	Rinde 5,2	Mark 2,4.

24. *Bryophyllum*. Ausgewachsene Blätter werden quer gegen die Mittelrippe in 3 Theile, Basis, Mitte und Spitze getheilt. Der Saft aus diesen Theilen zeigt folgenden Laugenverbrauch (Dezember).

	Basis 4,8	Mitte 4,6	Spitze 3,8.
Ein zweites Beispiel:	3,5	3,2	2,9.

25. *Aeonium tabulaeforme*. Die fleischig-spateligen Blätter sind an der Spitze am intensivsten grün, nach unten zu an Intensität der Färbung bedeutend abnehmend. In 3 Theile, quer gegen Mittelrippe zerlegt. 1 cc Saft.

Basis 1,6 Mitte 2,1 Spitze 2,8.

26. *Mesembryanthemum linguaeforme.* Blätter an der Spitze grün, gegen die Basis fast farblos. 1 cc Saft.

Basis 1,6 Mitte 2,0 Spitze 2,7.

Ein gleicher Versuch: Basis 1,5 Spitze 1,8.

27. *Echeveria secunda.* Blatt in Basis und Spitze halbirt. Spitze bekanntlich intensiver grün. 1 cc Saft.

Junge Blätter	Basis 2,4	Spitze 3,1
Alte Blätter (ausgew.)	2,2	2,6.

Tabelle II.

a) Stengel.

1. *Datura Stramonium.* Junge noch biegsame und ältere fast völlig steife Internodien. Saft 2 cc.

junge Intern. 4,0 erwachsene Intern. 3,0.

2. Dieselbe Pflanze und Theile. Die Internodien mit kochendem Wasser ausgezogen und bei gleichen Gewichtsmengen auf gleiche Volumina gebracht.

a) Gewicht der Internodien je 18,70 gr. Auf 160 cc gebracht. 5 cc

jung 0,5 alt 0,35.

b) Gewicht 40,0 gr auf 200 cc gebracht.

Bei 10 cc Flüssigkeit: jung 2,3 erwachsen 1,55.

c) Gewicht 20,5. Volumen 150. Bei 5 cc

jung 0,7 erwachsen 0,5.

3. *Canna.* Ganz junge und feste Internodien. Gewicht 8,65. Volumen 110 cc. Bei 5 cc Extract jung 0,5 erwachsen 0,3.

4. *Phytolacca decandra.* Wachsende Internodien und solche, bei denen das Mark eben anfängt lufthaltig zu werden. Gew. 12,82. Volumen 120 cc. Bei 5 cc

jung 0,8 erwachsen 0,5.

5. *Sambucus Ebulus.* Die ganzen Internodien: jung: im Wachsthum begriffen; alt: eben noch etwas biegsam, aber noch nicht verholzt. 20,6 gr auf 160 cc. Bei 10 cc Flüssigkeit jung 1,8 erwachsen 1,5.

6. Etiolirte *Vicia Faba.* 1,5—2 dcm lange Stengel. Oberste und unterste Glieder. Gewicht 10,45. Volumen 150. Bei 5 cc

jung 1,85 alt 1,5

7. Finster-Keimlinge von *Vicia atropurpurea;* Stengel etwa 1 dcm lang, in obere und untere Hälften getheilt. Relative Acididät:

oben 1,8 unten 1,5.

8. *Sambucus nigra.* Aus wachsenden Sprossen das Mark; jüngste wachsende Internodien und fest gewordene ausgewachsene. Gewicht der Markprismen 6,5 gr. Volum 180 cc. In 100 cc

jung 0,8 alt 0,5.

b) Blattstiele.

1. *Cucurbita.* Junge Blattstiele 6—10, ältere ausgewachsene 15—20 cm lang. Saft. Für 2 cc.

jung 2,9 alt 1,5.

2. *Datura.* Jüngere 35—40 cm lang, ältere 80—120 cm lang.

Saft. Für 1 cc jung 1,5 alt 1,1.
Für 2 cc „ 3,5 „ 2,1.

Ein gleicher Versuch. Mit 2 cc Saft

jung 2,9 alt 1.5.

3. *Beta vulgaris.* Weisse Battstiele. Junge 0,5 dcm lang, ältere ausgewachsene etwa 1 dcm lang. Saft bei 2 cc

jung 5,5 alt 5,0.

Ein gleicher Versuch gibt ähnliche Resultate.

4. *Beta vulgaris.* Aeltere 20 cm, jüngere 7 cm lang. Saft. 2 cc

jung 2.8 alt 2,0.

Ein gleicher Versuch. 1 cc Saft. jung 2,2 alt 1,1.
desgl. „ „ „ 1,5 „ 1,2.

5. Die gleiche Pflanze. Junge Stiele 22 gr, ältere Stiele 66 gr wiegend, ausgekocht und auf 80 cc gebracht. Für 5 cc Lösung ist der Laugenverbrauch: junge 3,0 ältere 5,0, demnach das Verhältniss wie 3 : 5; dasselbe müsste aber bei gleichbleibender Acididät wie 3 : 9 sein.

6. *Atropa Belladonna.* Junge und ausgewachsene Blattstiele, je 2,75 gr wiegend, mit 10 cc Wasser zerrieben und filtrirt. Bei 2 cc Flüssigkeit junge 1,3, ältere 1,0.

7. *Rheum.* Junge Stiele 6—12 cm, ältere 15—21 cm lang. Saft. Für 0,5 cc Laugenverbrauch jung 9,0 alt 10,0.

8. Dieselbe Pflanze. Blattstiele 10 und 25 cm lang. Saft. Für 1 cc

jung 11,7 alt 11,0.

9. *Cochlearia armoracia.* Junge Stiele 10—12, ältere 20—28 cm lang. Saft. Relative Acidität: jung 2,0 alt 2,7.

c) Blattflächen.

1. *Sempervivum Verlotti.* Von einer grossen Rosette äussere ausgebreitete und innere zusammenneigende Blätter für sich. Saft. Bei 0,6 cc.

ältere 5,0 jüngere 6,4.

Ein gleicher Versuch mit *S. assimile.* Bei 0,9 cc.

ältere 9,5 jüngere 9,3.

2. Ein Gleiches. Von 2 Rosetten äussere, mittlere und innere Blätter. Bei 1 cc Saft. äussere 4,1 mittlere 4,3 innerste 4,6.

3. *Echeveria globosa.* Versuch wie in n. 2. Saft. 0,6 cc

aussen 3,9 mitten 5,3 innen 5,9.

4. *Mesembryanthemum rubro-cinctum.* 22. Juni. Blätter folgender Entwicklungsstufen:

1. jüngste, noch aneinander liegend; 2. halbgeöffnete, 1/3 der endlichen Grösse erreichend; 3. halbwüchsige; 4. ausgewachsene.

Relative Acidität des Saftes: 1. 0,8; 2. 1,0; 3. 1,1; 4. 1,15.

5. *Saxifraga elatior.* Aeussere und innere Blätter einer Rosette. 0,6 cc Saft.

äussere 4,0 innere 5,0.

6. *Echeveria secunda.* Junge und ausgewachsene Blätter. Relative Acidität:

jung 2,5 alt 2,0.

Ein zweiter Versuch jung 2,2 alt 1,7.

7. Junge und ausgewachsene Blätter, gleiche Mengen mit gleichen Wassermengen zerrieben. Relative Acidität.

	jung	alt
a) *Alliaria*	0,5	0,4
b) *Lonicera tatarica*	1,0	0,8
c) *Anthriscus silvestris*	0,5	0,45
d) *Veronica Chamaedrys*	0,25	0,2
e) *Plantago lanceolata*	0,4	0,3
f) *Quercus fastigiata*	0,55	0,4
g) *Cytisus Laburnum*	0,6	0,5
h) *Brassica oleracea*	3,5	2,0 (Saft).

8. *Aeonium tabulaeforme.* Junge Blätter ⅓ von der natürlichen Grösse und ausgewachsen.

jung 1.5	ausgewachsen 1,2.

9. *Bryophyllum.* Junge Blätter 3—4 cm, erwachsene 8 cm lang. Versuch wie vorher.

	jung 1,3	erwachsen 1,4.
Ein 2. Versuch	jung 3,1	erwachsen 4,3 (bei 1 cc Saft).
Ein 3. Versuch	jung 1,5	erwachsen 2,7 (bei 4 cc Saft).
Ein 4. Versuch	jung 1,5	erwachsen 1,8 (bei 0,3 cc Saft).

d) Grüne und herbstlichgelbe Blätter.

Versuche mit gleichen Gewichts- und Wassermengen, relative Acidität.

	grün	gelb
a) *Astrapaea*	0,3	0,5
b) *Coleus*	0,4	0,5
c) *Viburnum*	0,5	1,0
d) *Sparmannia*	0,3	0,4.

Tabelle III.

1. Normale und etiolirte Keimlinge.

1. *Vicia Faba.* Gleichaltrige, unter gleichen äusseren Verhältnissen erwachsene Keimlinge in Wassercultur; die einen unter Glas-, die andern unter Zinkrecipient am Fenster stehend. Je 5 Pflanzen, ohne Cotylen, mit 30 cc Wasser zerrieben und hinreichend klar filtrirt.

a) 29. October. Gesammtlänge d. h. Epicotyl und Wurzel der Pflanze
im Licht 40—55 mm
im Dunkel 55—65 mm.

Acidität d. h. Laugenverbrauch von 5 cc Lösung: Licht 1,0
Dunkel 1,3.

b) 31. October.	Länge im Licht	70—95 mm.	Acidität	1,5.
	im Dunkel	80—115 „	(3 cc)	1,7.
c) 1. November.	Länge im Licht	85—95 mm.	Acidität	2,0.
	im Dunkel	200—250 „	(3 cc)	3,0.
d) 5. November.	Länge im Licht	150—175 „	Acidität	gleich.
	im Dunkel	290—340 „		(4,0)

e) In einem späteren Versuch wird die Acidität im Licht höher als im Dunkel.

2. *Balsamina hortensis.* Wassercultur wie oben. 50 Stück ganze Pflanzen mit 30 cc Wasser zerrieben.

a) Länge im Licht 25—35 mm. Acididät 1,0.
im Dunkel 40—55 „ (3 cc) 1,0.

b) 2 Tage darauf. Länge im Licht 45—70 mm. Acididät 1,0.
im Dunkel 70—80 „ 1,2.

c) 3 Tage darauf. Länge im Licht 30—60 mm. Acididät gleich.
im Dunkel 35—55 „

3. *Soja hispida.* Wassercultur wie oben. 3 ganze Pflanzen mit 30 cc Wasser
Gesammtlänge im Licht 65—75 mm. Acididät 0,7.
im Dunkel 110—120 mm. (3 cc) 0,8.

4. *Lepidium sativum.* 100 ganze Pflanzen mit 30 cc Wasser.

a) Gesammtlänge im Licht 45 mm. Acididät 0,5.
im Dunkel 60 „ (3 cc) 0,6.

b) Gesammtlänge im Licht 75—80 mm. Acididät 0,5.
im Dunkel 75—95 „ 0,8.

5. *Sinapis alba.* 100 ganze Pflanzen mit 30 cc Wasser.

a) Gesammtlänge (24. Oct.) im Licht 55—70 mm. Acididät 2,7.
im Dunkel 65—75 „ (5 cc) 2,5.

b) Tags darauf. Länge im Licht 75—90 mm. Acididät 2,5.
im Dunkel 85—110 „ 2,5.

c) 50 Stück Pflanzen anderer Cultur.
Länge im Licht 45—50 mm. Acididät 1,5.
im Dunkel 50—70 „ (3 cc) 1,3.

d) Aehnlicher Versuch (50 Stück).
Länge im Licht 35—50 mm. Acididät gleich.
im Dunkel 65—95 „

e) Ein gleicher Versuch. Länge im Licht 55—70 mm. Acididät 1,5.
im Dunkel 80—140 „ (3 cc) 1,7.

2. Dunkelkeimlinge vermehren ihre Säure.

1. Von *Vicia Faba* werden 4 Samen (incl. Schale) und vier Dunkelkeimlinge mit einander verglichen. Die Keimlinge hatten Wurzeln von 8—8,5 cm, und Epicotyle von 2—5 cm. Kochend extrahirt und auf gleiches Volum gebrecht. 5 cc Solution. Samen 0,5 Keimlinge 0,7.

2. **Dieselbe Pflanze.** 4 Samen und 4 Keimlinge. Letztere mit Wurzeln von 10—11,5 cm, Epicotylen von 5—7 cm. — Auf 50 cc Extract. 10 cc ergeben

Samen 0,3 Keimlinge 0,9.

3. Samen und Keimlinge **derselben Pflanze** von W. = 10 cm, Epic. = 4—5 cm. — In 5 cc

Samen 0,4 Keimlinge 0,8.

4. *Pisum sativum.* 8 Samen und 8 Dunkelpflanzen von etwa 5 cm und mehr.

Samen 0,4 Keimlinge 1,4.

5. *Phaseolus.* Keimlinge von 4—5 einer-, und 8—10 cm Länge des Hypocotyls andrerseits 5 cc.

jüngere Keimlinge 0,4 ältere 0,8.

Ein zweiter Versuch mit 5 Pflanzen von 5 und 15 cm Länge. Auf 100 cc gebracht. In 5 cc

jüngere 0,3 ältere 0,4.

Ein dritter Versuch mit Epicotylen von 10 und 15 cm. Acidität wie 0,5 : 0,75.

3. Dunkelpflanzen ans Licht gesetzt verlieren Säure.

1. Dunkelkeimlinge von *Phaseolus* 15—25 cm hoch: theils im Dunkelrecipienten theils unter Glasglocken im Licht nebeneinander gehalten. Gleiche Mengen unter gleichem Wasserzusatz zerrieben.

Exposition von ½9 bis 11 Uhr, also 2½ Stunden.

	Licht	Dunkel
Stengel	1,3	1,5
Blätter	1,0	1,1.

Exposition von 8½—4 Uhr, also 7½ Stunden. Vier Stengel.

	Licht	Dunkel
1. Versuch	1,0	1,5
2. Versuch	1,0	1,3
3. Versuch	1,2	1,9

Exposition von 8—3 Uhr. 20,3 gr Stengel mit 25 cc Wasser.

Dunkel 2,3 Licht 2,0.

2. Gleicher Versuch. Exposition von Früh 8 Uhr an, verschiedene Dauer. Meist directe Sonne. Stengel 5—6 cm lang; 3,37 gr Substanz mit 20 cc Wasser. 2 cc.

	Cotylen	Stengel	Wurzel
Dunkel	0,8	1,15	0,7
Licht 2 Stunden (günlich geworden)	0,6	1,10	0,75
Licht 4 Stunden	0,5	1,10	0,6
Licht 6 Stunden	0,5	1,00	0,6

3. Gleicher Versuch. Stengel 5—6 cm lang. Substanz 3,75 gr: Wasser 20 cc. In 2 Stunden schwach, in 4 Stunden wohl ergrünt. — 2 cc.

	Cotylen	Stengel	Wurzel
8 Uhr Dunkel	0,9	0,525	0,5
10 Uhr 2 St. Licht	0,8	0,4	0,5
10 Uhr 4 St. Licht	0,8	0,5	0,6.

4. Etiolirte Bohnen, 10—12 cm hoch. Von 8—3 Uhr exponirt.

	Cotylen	Stengel	Wurzel
Dunkel	0,8	0,7	0,65
Licht	0,7	0,6	0,6

5. Desgl. Von 7—3 Uhr im Licht, ergrünt. 6—8 cm lang.

	Cotylen	Stengel	Wurzel
Dunkel	1,3	1,5	1,0
Licht	1,1	1,2	1,0

6. Desgl.

Dunkel	0,95	1,6	1,3
Licht	0,7	1,5	1,0

7. *Vicia Faba.* Etiolirte Stengel 10—15 cm hoch. 1 Tag im Licht, völlig ergrünt. 31,87 gr Substanz mit 25 cc Wasser.

Dunkel 6,5 Licht 6,0.

4. Versuche über das Verhalten der Säure beim Stengelwachsthum im Dunkel.

1. *Phaseolus.* Epicotyle Glieder, unten abgeschnitten, die Knospe mit den etwa 1,5 cm langen Blättchen belassen. 5 Stück ganz gleich in doppelter Serie ausgewählt, die eine Reihe sofort verwendet, die andere in Reagensgläsern in einer etwa 1 cm hohen Wasserschicht stehend, im Dunkel wachsen lassend.

	Urspr. Grösse	Erreichte Grösse nach 24 St.
2 Stück	9,5	11,0
1 Stück	9,0	11,0
2 Stück	5,5	7,0
Gesammtlänge	39 cm	47 cm

Demnach Gesammtzuwachs 8 cm.

Die ausgekochte Substanz auf 47 cc Volum gebracht. Bei 5 cc ergab sich Acidität (Laugenverbrauch): ursprünglich 0,4
gewachsen 0,3.

2. Dieselbe Pflanze. Die Epicotylen Glieder unten an den Cotylen, oben an der Krümmung abgeschnitten. 24 Stunden.

	Urspr. Länge	Erreichte Grösse	
3 Stück	6,3	6,8	
1 Stück	5,3	6,2	
1 Stück	4,2	5,0	
Gesammtlänge	28,4	31,6	Zuwachs 3,2 cm.

Acidität fast gleich, die gewachsenen eine Spur weniger sauer.

3. Hypocotyle der Bohne. 24 Stunden.

	Urspr. Länge	Erreichte Grösse	
5 Stück	10,0	10,5	
3 Stück	7,5	8,0	
Gesammtlänge	72,5	76,5	Zuwachs 4 cm.

Die Säuremenge war absolut gleich geblieben.

4. Derselbe Versuch. Die Hypocotyle bereits am Ende des Wachsthums.

	Urspr. Länge	Erreichte Grösse	
Je 1 Stück	10,8	11,2	
	8,3	8,6	
	8,3	8,6	
	7,0	7,3	
	5,5	5,7	
Gesammtlänge	39,9	41,4	Zuwachs 1,5 cm.

Säure absolut gleich.

5. Hypocotyle Glieder, 6 Stück von 50,2 cm zusammen auf 52,6 cm in toto binnen 24 Stunden erwachsen ergeben sehr deutlich Säureabnahme.

6. Hypocotyle Glieder.

	Urspr. Länge	Erreichte Länge
2 Stück	8,0	8,3
4 „	6,7	7,0
4 „	6,0	6,3
4 „	4,9	5,2

14 Stück erreichen Zuwachs von 4,2 cm. Acidität urspr. 1,15, später 1,0.

7. Bohnenhypocotyle 6,8 cm gross erreichen in 48 Stunden eine Länge von 7,2. Die Acidität verringert sich von 0,4 auf 0,3.

8. Ein gleicher Versuch. Hypocotyle von 6,6 auf 7,4 gewachsen. — Säure hat abgenommen.

9. Epicotyle von Bohnen. Ueber Nacht von 6,5 auf 7,0 gewachsen. Acidität von 1,15 auf 1,0 gefallen.

3 gleiche Versuche mit gleichem Resultate.

10. Grüne Pflanzen, 12 Stück mit rund 4 cm Zuwachs ergeben Abnahme der Acidität von 1,1 auf 1,0.

11. Versuch mit Keimlingen von *Vicia Faba*.

	Urspr. Länge	Erreichte Grösse	Acidität
2 Stück	5,0	5,4	fällt von 0,6 auf 0,5
1 „	4,3	4,8	
2 „	6,3	6,9	
1 „	6,0	6,9	
1 „	6,5	6,9	
4 „	5,5	6,2	
5 „	7,2	7,4	
16 Stück mit	97,4	105,0	Zuwachs 7,6 cm.

12. Versuche mit *Lepidium* in Wasserkultur. Die Pflänzchen lassen sich überaus sauber unversehrt gewinnen, abzählen und mit Wasser zerreiben.

a) Versuch mit etiolirten Pflänzchen. 200 Stück mit 25 cc Wasser. — Verglichen werden

1. Samen mit 1—2 mm langen Würzelchen, Cotylen noch in den Schalen;
2. Pflänzchen 2 Tage älter, aus den Schalen, Hypocotyl mehrere mm lang, Würzelchen bis 1 cm;
3. 4 tägige Pflänzchen;
4. 14 tägige, im Dunkel nicht mehr wachsende, von der bekannten Schlussgrösse.

In allen diesen Fällen war bei 2 cc Lösung und 0,3 Laugenverbrauch jedesmal die erste Röthung — also nicht die mindeste Säurevermehrung zu finden.

b) Grüne Lichtpflanzen. 100 Stück mit 25 cc Wasser. Untersucht sind folgende Stadien 1. Cotylen grün, noch gefaltet;

2. Tags darauf, Keimling im Ganzen 3,5 cm lang davon Hypocotyl 1 cm;

3. und 4. Je 1 Tag später.

Resultat: Zwischen Stadien 1. und 2. ist kein Säureunterschied; wohl aber steigt die Acididät zwischen 2. und 3. und 3. und 4.

c) Etiolirte, ausgewachsene Pflanzen und solche, die nach 2 tägigen Verweilen am Licht völlig ergrünt waren. 200 Pfl. mit 25 cc Wasser. 2 cc Lösung werden bei den etiolirten Pflanzen mit 0,3 bei den ergrünten erst mit 0,4 Lauge neutralisirt.

d. Der gleiche Versuch, nach 1½ tägiger Lichtexposition.

Bei 5 cc Lösung brauchen die etiolirten Pfl. 1,0

die ergrünte Pfl. 1,1 Lauge.

e) Ein gleicher Versuch. 2 cc Lösung. Etiolirte Pfl. 0,3

Ergrünte Pfl. 0,4.

f) Derselbe Versuch, Ergrünung sehr schön. Bei 5 cc Lösung wie oben in d.

g) Dunkelpflanzen und von Anfang an im Licht befindliche grüne Pflanzen. Sie wurden in gleicher Grösse mit 0,5 cm hohen Hypocotylen, 1,5 cm langen Wurzeln und gefalteten Cotylen genommen. 200 Stück mit 25 cc Wasser.

Lichtpflanzen 0,35 Dunkelpflanzen 0,3 cc Laugenverbrauch für 2 cc Lösung. Das Gesammtresultat dieser Versuche ist:

1. Die Kresse wächst im Dunkel zu der erreichbaren Grösse ohne nachweisbare Säurevermehrung;
2. Bei normaler Lichtkeimung vermehrt sich die Säure;
3. Auch beim Ergrünen wird die Säure (nach 1—2 Tagen) vermehrt.

Tabelle IV.

1. Säure bei Tag und Nacht.

a) Blätter.

1. *Chloranthus inconspicuus.* Von Topfpflanzen aus dem Glashaus; gleiche Blätter 8 Uhr Früh und 3 Uhr Nachmittags (26. November). 2.3 gr Substanz mit 23 cc Wasser. Dunkel 0.5 Licht 0.4.

2. *Mogiphanes brasiliensis.* In ähnlicher Weise. Tags über Sonne.

Dunkel 0.45 Licht 0.3.

3. 2. Mai. Blätter von *Geranium pyrenaicum* Morgens 8 Uhr und Nachmittags 3 Uhr aus dem Freien genommen. 8 gr mit 25 cc Wasser. 2 cc Lösung.

Morgens 1,1 Nachmittags 1,0.

4. *Geranium pratense.* Derselbe Versuch mit 5 gr. 2 cc Lösung.

Morgens 5,8 Nachmittags 0,7.

5. *Sium latifolium.* Erwachsene Blätter, 8 gr mit 25 cc Wasser.

Morgens 1,2 Nachmittags 1,0.

Aegopodium Podagraria wurde mit gleichem Erfolg geprüft.

6. *Rumex obtusifolius.* Saft der Blattfläche.

Morgens 4,6 Nachmittags 3,9.

Ein gleicher Versuch Morgens 3,7 Nachmittags 3,0.

7. 3. Mai 1881. An warmem, sonnigem Tage, Morgens 7 Uhr und Nachmittags 3 Uhr, Pflanzen aus dem Freien.

	Acidität Morgens	Nachmittags
1. Blätter von *Taraxacum*	0,6	0,5
2. Blätter von *Plantago lanceolata*	0,55	0,5
3. Blätter von *Trifolium pratense*	1.3	1.0

8. *Sanchezia nobilis.* Februar. 18 gr Blattsubstanz mit Wasser.

Morgens 2,1 Nachmittags 2,0.

9. *Hedychium Gardnerianum.* 4 Blätter, Gewicht 19,7 gr. Wasserzusatz 100 cc. — Bei 10 cc Laugenverbrauch

Morgens 1,5 Nachmittags 1,0.

10. *Peperomia magnoliaefolia.* 3 Blättchen, Gewicht 42,4 gr. — 2 cc Saft mit 5 cc Wasser verdünnt.

Früh 8 Uhr 1,4 Nachm. 2 Uhr 1,0.

11. *Begonia Rex* in derselben Weise

Früh 7,4 Nachm. 6.5.

12. *Peperomia incana.* Wie n. 10. Nacht 0,6 Tag 0,4.

13. *Haworthia.* Relative Acidität

	H. turgida	*H. planifola*
Morgens	1,8	2,0
Nachm.	1,0	1,2.

14.	*Aloe altilinea.*	Morgens	2,4	Nachm.	2,0.
15.	*Crassula portulacoides.*	„	6,5	„	3,0.
16.	*Crassula arborescens.*	„	7,2	„	6,0.
17.	*Sempervivum Haworthi.*	„	10,2	„	9,0.
18.	*Astrapaea mollis.*	„	1,0	„	0,7.
19.	*Pteris elegans.*	„	0,9	„	0,7.
20.	*Begonia semperflorens.*	„	4,6	„	4,0.
21.	*Mesembryanthemum cruciatum.*	„	7,0	„	6,7.
22.	*Pelargonium tomentosum.*	„	6,6	„	5,0.
23.	*Rhipsalis brachiata*	„	0,7	„	0,3.
24.	*Anthriscus silvestris.*	„	0,8	„	0,6.

b. Ganze Pflanzen.

1. *Bryophyllum.* Ganze Pflanzen, etwa 10 cm hoch mit Wurzeln und 6 Blättern. 0,8 cc Saft. Morgens 4,3 Mittags 3,0.

2. *Sempervivum.* Saft. Morgens 7,5 Nachmittags (2 Uhr) 6,0.

3. *Echeveria secunda.* Saft der Gesammtpflanze. Trüber Tag.
Morgens 8,0 Nachmittags 7,0.

2. Kurze Exposition, Licht und Dunkel.

Blätter.

1. Versuche mit *Mesembryanthemum.*

a) *M. maximum.* Zwei gleiche Triebe, von denen der eine in der Sonne, der andere im Dunkel weilt, von 11½ Uhr Früh bis 4½ Nachmittags.

Dunkel 1,0 Licht 0,8.

b) *M. albinotum* in gleicher Weise.

Dunkel 0,9 Licht 0,6.

c) *M. depressum.* 3½ Stunden exponirt.

Dunkel 2,1 Licht 1,6.

d) *M. Burchelli.* $4^1/_2$ Stunden.

Dunkel 2,3 Licht 1,9.

e) *M. linguaeforme.* Von 8—$11^1/_2$ Uhr. Sonne.

Dunkel 6,0 Licht 5,7.

Ein 2. Versuch „ 4,5 „ 4,0.

Ein 3. Versuch „ 2,7 „ 2,5.

2. *Sempervivum.* 2 Rosetten, die eine im Dunkel, die andere 4 Stunden dem Licht exponirt.

Dunkel 3,8 Licht 3,5.

3. *Saxifraga elatior.* 3 Rosetten früh $6^1/_4$ Uhr ins Dunkle, die zugehörigen 2 Stunden (bis $8^1/_4$ Uhr) in der Sonne (24. Juni 1880).

Dunkel 5,2 Licht 4,9.

4. *Saxifraga cartilaginea.* Tagespflanze und solche, welche $3^1/_2$ Stunden im Dunkel verweilte.

Dunkel 4,3 Licht 3,5.

Blattstiele.

5. *Rheum Emodi.* Junge Blattstiele (ohne Fläche) in Wasser stehend. 4 Stunden Licht und Dunkel exponirt. Saft. 0,5 cc.

Dunkel 6,5 Licht 6,1.

Gleicher Versuch $3^3/_4$ Stunden. Dunkel 7,5 Licht 7,0.

Gleicher Versuch 9—10 Uhr exponirt. Dunkel 7,0 Licht 5,9.

6. *Rumex obtusifolius.* 4 Stunden mit Fläche exponirt. 1 cc Saft.

Dunkel 5,15 Licht 4,1.

Gleicher Versuch, mit Blattfläche $3^1/_4$ Stunde exponirt. 1 cc Saft.

Dunkel 6,9 Licht 6,0.

Gleicher Versuch ohne Blattflächen exponirt, 3 Stunden.

Dunkel 3,6 Licht 3,2.

7. Blattstiele von *Ecballium Elaterium.* 8—$10^1/_2$ Uhr, in der Sonne. Saft. 2 cc.

Dunkel 3,5 Licht 2,0.

Gleicher Versuch 11—3 Uhr, zum Theil trüber Himmel.

Dunkel 2,1 Licht 1,3.

Gleicher Versuch. Exposition 1 Stunde.

Dunkel 1,3 Licht 1,0.

Ganze Pflanze.

8. *Vicia Faba.* Keimlinge von 10 cm Höhe, 6 Stunden der Sonne exponirt oder im Dunkel gehalten. 18,73 gr Substanz erschöpft und auf 52 cc Lösung gebracht. 2 cc.

Dunkel 4,5 Licht 4,0.

Die Säure nimmt im Dunkel anfangs zu, später ab.

9. *Bryophyllum.* Von je 4 Blättern stets 5,7 gr mit 30 cc Wasser zerrieben. Um 10 Uhr (20. Octob.) früh in's Dunkle. — 2 cc Lösung.

10 Uhr	1,45
12 Uhr (2 Stunden dunkel)	1,5
3 Uhr (5 Stunden dunkel)	1,7
8 Uhr (21. Oct., 22 Stunden)	1,75

10. Dieselbe Pflanze. 4 gr mit 20 cc Wasser. — 2 cc.

8 Uhr früh	1,3
4 Stunden im Dunkel	1,3
6 „ „ „	1,5
9½ „ „ „	1,7
24 „ „ „	1,4

11. *Echeveria.* Blätter. 9,5 gr mit 40 cc Wasser zerrieben. 4 cc Lösung.

12 Uhr Mittags (normal)	1,5
3 Stunden im Dunkel	1,55
6 „ „ „	1,75
8½ „ „ „	1,95
18 „ „ „	1,95
22 „ „ „	1,90
27 „ „ „	1,55

3. Die Lichtwirkung ist ganz local. — Intensität des Lichts.

a) Zwei Blätter derselben Pflanze.

1. *Bryophyllum.* Von einem Blattpaar mit möglichst gleich entwickelten grossen Blättern wird das eine den Tag über dem Licht exponirt, das andre ist in schwarzes Glanzpapier dicht anliegend lichtlos eingeschlossen. Säure in 1 cc Saft, Nachmittags 3 Uhr:

belichtet 1,3 umschlossen 3,3.

2. Derselbe Versuch mit *Aeonium tabulaeforme*. 2 gleichgrosse, gleichaltrige und möglichst gleich aussehende Blätter, nebeneinander. Nachmittags. 1 cc Saft.

belichtet 1,9 umhüllt 3,0.

b) Hälften desselben Blattes.

Von einander gegenüberstehenden (*Bryophyllum*) oder nebeneinanderstehenden gleichen Blättern (*Aeonium* und *Echeveria*) wird bei dem einen die vordere (von Spitze bis Mitte) beim andern die hintere Hälfte (Stiel bis Mitte) dicht in Staniol eingewickelt und die belichteten und verdunkelten Theile mit einander verglichen. Saft. 1 cc.

	belichtet	umhüllt	
Bryophyllum	8,5	8,85	
„ 2. Versuch	8,4	8,7	
Aeonium (Versuch 2 Tage)	1,5	2,0	
„ Ein 2. Versuch (1 Tag)	0,75	0,8	(bei 0,4 cc Saft)
„ 3. Versuch 8—3 Uhr	1,2	1,5	

Echeveria, die eine Hälfte der Rosette belichtet, die andere mit Staniol möglichst dicht umhüllt. 1 cc Saft.

diffuses Licht	2,3	Dunkel	3,3
Sonnen- „	1,9	„	3,1.

c. Blatttheile.

Ueber grosse *Bryophyllum*-Blätter werden, der Quere nach, etwa 1 cm breite Staniolbänder fest aufgelegt (2) und die Blätter an einem meist sonnigen Tag (28. Nov.) von 8 Uhr Morgens bis Nachmittags 3 Uhr dem Licht ausgesetzt. 0,4 cc Saft.

Beleuchtete Partie	0,9	verdunkelte	1,6
Ein gleicher Versuch 3 Stunden dauernd	1,1	„	1,4
Ein Versuch dem ersten gleich	0,85	„	1,3.

4. Versuche mit farbigem Licht.

1. Versuche mit *Bryophyllum*. Blätter Morgens median halbirt, die Hälften mit dem gleichfalls halbirten Stiel im Wasser stehend unter den Glocken dem Licht exponirt.

a) 18. Nov. 8—3 Uhr. Sonne.

2 cc	Tageslicht	1,5	4 cc	Tageslicht	3,5
	Gelbes Licht	1,9		Blaues Licht	3,7.

b) Gleicher Versuch. Etwas Sonne. 8—3 Uhr. 2 cc Saft.

Gelbes Licht 1,8
Blaues Licht 2,0.

c) Versuchsdauer 8 Tage. Meist trübe, ein sonniger Tag. 2 cc Saft.

Gelbes Licht 0,3
Blaues Licht 0,5.

d) Versuch von 8—3 Uhr. Gleiche Gewichtsmengen ausgekocht auf gleiches Volum gebracht. — 2 Versuche.

1. Gelbes Licht 2,0	2. Gelbes Licht 1,5
Blaues Licht 2,7.	Blaues Licht 2,1.

2. *Sempervivum latifolium* und *californicum*. Rosetten in 4 Theile. 8—3 Uhr je ¼ in Licht, Dunkel und Gelb. — 2 cc Saft.

	a) *latifolium*	b) *californicum*
Licht	1,8	1,8
Gelb	2,1	2,0
Dunhel	2,15	2,1.

5. Periodicität.

1. Versuche mit *Bryophyllum*.

1. 14. October 1880. Von jungen etwa 6 cm hohen mit 4—6 Blattpaaren versehenen Exemplaren, die Blätter und zwar 6,4 gr mit 32 cc Wasser zerrieben. Trüber Tag. 5¼ Abends starke Dämmerung. 2 cc Lösung.

Zeit	Acidität
8 Uhr Vormittag	1,6
10 Uhr Vormittag	1,3
12 Uhr Mittags	1,15
3 Uhr Nachm.	1,05
5¼ Uhr Nachm.	1,35
den ganzen Tag im Finstern	1,4

2. Gleicher Versuch. 15. October. Tag trübe, in den Mittagsstunden heiter, aber die Pflanzen ohne directe Sonne. 9 gr Blätter mit 45 cc Wasser. 2 cc.

Zeit	Acidität	CuO bei der Zuckerbestimmung
8 Uhr, seit 6 Uhr im Dunkel	1,95	—
8 Uhr, normal	1,75	0,0975
9¾ Vormittags	1,675	—

Zeit	Acidität	CuO bei der Zuckerbestimmung
11 Uhr Vormittags	1,25	—
12 Uhr Mittags	1,075	0,1235
$2^{1}/_{4}$ Uhr Nachm.	1,05	
$3^{1}/_{2}$ Uhr Nachm.	1,1	

3. Gleicher Versuch. 16. October. Trüber Tag.

Zeit	Acidität
8 Uhr früh (seit 6 Uhr allmäglich Tag)	1,3
$9^{1}/_{2}$ Uhr Vorm.	1,05
$11^{1}/_{2}$ Uhr Vorm.	1,05
$1^{1}/_{4}$ Uhr Nachm.	0,7
$3^{1}/_{4}$ Uhr Nachm.	0,7
$5^{1}/_{4}$ Uhr Nachm. (völlig dunkel)	1,4.

4. Versuche, so angestellt, dass von den gleichen Blätter 6 von der Spitze ab hinter einander liegende Abschnitte zu verschiedenen Stunden von der Pflanze genommen wurden. In Versuch I 4,04 gr Substanz mit 20 cc Wasser. In Versuch II 9,40 gr Substanz mit 40 cc Wasser. Je 5 cc Lösung.

Zeit	Acidität I	Acidität II
30. Nov. 8 Uhr Vorm.	2,75	3,4
10 Uhr Vorm.	2,4	3,0
$11^{1}/_{2}$ Uhr Vorm.	2,25	3,2
1 Uhr Nachm.	1,8	2,5
3 Uhr Nachm.	1,1	1,8
4 Uhr Nachm.	1,4	1,6.

5. Am 9. August, einem trüben Tage, der gegen und über Mittag noch durch Regen verdunkelt wird, an dem aber Abends zwischen 5 und 6 Uhr Sonne (auch auf die Pflanzen) scheint, und gegen 7 Uhr Dämmerung beginnt werden *Bryophyllum*-Pflanzen stündlich untersucht. Die Exemplare waren tadellos, etwa 2 dc hoch, hatten 3—4 einfache Blattpaare und gewöhnlich 1 Knospenblattpaar. Nur die Blätter zu Saft verarbeitet. Laugenverbrauch für 1 cc Saft.

7am	4,8	11a	3,8	3p	2,8		7p	2,0
8a	4,6	12m	3,9	4p	2,8		8p	1,9
9a	4,5	1p	3,6	5p	2,3		9p	2,0
10a	4,1	2p	3,3	6p	1,5	10. 8.	6a	5,2

2. Versuche mit *Echeveria*.

1. *Echeveria Scheideckeri*. 18. October. Je 4 Blätter von verschiedenem Alter im Gewicht von 9,5 gr mit 40 cc Wasser. Tag trübe, gegen 1 Uhr werden die Pflanzen von der Sonne bis nach 3 Uhr beschienen. 5½ Uhr bereits starke Dämmerung.

Zeit	Acidität
8 Uhr Vormittag	1,7
10 Uhr Vormittag	1,6
12 Uhr Mittags	1,4
1½ Uhr Nachm.	1,3
3 Uhr Nachm.	0,9
5½ Uhr Abends	1,0

2. Dieselbe Pflanze. 1. und 2. Dezember. 2 Versuche, der erste mit je 2 Blättern (ein jüngeres und ein älteres) im Gewicht von 2 gr und 5 cc Wasser, der 2. in gleicher Weise, Blattgewicht 1,5.

Zeit	Acidität	
	I	II
8 Uhr Vorm.	1,9	2,0
10 Uhr Vorm.	1,7	2,1
12 Uhr Mittags	1,4	1,4
1 Uhr Nachm.	1,1	1,4
3 Uhr Nachm.	1,1	0,9
4 Uhr Nachm.	0,8	1,0

6. Die nächtliche Säurebildung unterbleibt in CO_2 oder H.

1. In CO_2-Atmosphäre (bei Abschluss von O) findet keine nächtliche Säurebildung statt.

Möglichst gleichmässige und grosse Exemplare (Rosetten), im Topf und Freien erwachsen, wurden an sonnigen Tagen, meist nach stundenlanger Besonnung halbirt. Die eine Hälfte (als Tagpflanze) unmittelbar auf Saft verarbeitet, die andere Hälfte im feuchten dunkeln Cylinder einem von Anfang an permanent gehenden CO_2-Strom ausgesetzt. Der Regel nach von Nachmittags 3 Uhr bis andern Tags 8 Uhr; der Blasenstrom ging secundenweise.

Versuche vom 8—11 Mai 1883.

1. Grosse Rosetten von *Sempervivum Requieni* und *Echeveria pumila nova*; die eine Hälfte über Nacht unter Glocke in gewöhnlicher Luft, die andere im CO_2-Strom. 1 cc Saft.

a) *Sempervivum.*	In Dunkel und Luft 3,6 genau 3,45
	In Dunkel und CO_2 1,9 genau 1,8.
b) *Echeveria pumila.*	In Dunkel und Luft 2.1
	In Dunkel und CO_2 1.2.

2. Ein gleicher Versuch mit *Echeveria secunda*, die eine Hälfte Nachmittags 3 Uhr sofort, die andere aus dem CO_2-Strom andern Morgen 8 Uhr verarbeitet. 1 cc Saft.

Licht	1,0
Nacht und CO_2	1,1.

3. Die gleichen Pflanzen, wie in Versuch 1 und 2 und daneben *Bryophyllum*-Zweige. Die eine Hälfte aus dem Licht Nachmittags 3 Uhr, die andere am folgenden Morgen aus dem CO_2-Strom; bei 2 Pflanzen auch nächtliche Controlle in Luft.

	Licht	Nacht CO_2	Nacht Luft
a) *Echeveria secunda*	1.5	1.5	—
b) *Echeveria pumila*	1,5	1.6	—
c) *Sempervivum*	2.0	2.3	6.0
d) *Bryophyllum*	2,0	2,25	4,0.

4. Versuche in Licht und nächtlichem CO_2-Strom mit *Echeveria pumila*, *Sempervivum Wulffeni* und *rubicundum*, *Mesembryanthemum adscendens*. 1 cc Saft.

	Licht 3 Uhr	Nacht CO_2
a) *Echeveria*	1,5	1.5
b) *Sempervivum Wulff.*	3,5	3,0
c) *Mesembryanthemum*	1,6	1.5
d) *Semp. rubic.*	2,7	2.7.

Ein Controll-*Sempervivum* in Luft, Licht und Dunkel ergab 2,2 und 3,0 Laugenverbrauch.

5. Zwei *Semperviven* (*blandum* und *Verlotti*) in analoger Art.

	Licht 3 Uhr	Nacht CO_2
S. blandum	2.0	2,2
S. Verlotti	2.0	2.2.

6. *Echeveria secunda.* Halbirte Rosetten 1. für Licht und Dunkel normal, 2. für Licht und CO_2 verglichen. — 1 cc Saft.

	Normal	CO_2
Licht	0,7	1,0
Dunkel	3.7	1.0.

7. *Bryophyllum.* 1 cc Saft (der Blätter).

	Licht	Dunkel norm.	Dunkel CO_2
1. Versuch	1,5	7,0	1,5
2. Versuch	1,0	9,5	1,0.

2. In H ist die Säurebildung völlig oder doch theilweise behindert.

In den folgenden Versuchen sind die Versuchshälften über Nacht in einer mit H gefüllten und mit Quecksilber gesperrten Glocke untergebracht.

a) *Echeveria secunda.* 5. Juni.

	Normalpfl.	H-Versuch
3 Uhr Nachmittags	0,2	0,2
Andern Tags früh 8 Uhr	0,5	0,3

b) *Bryophyllum.* 2. Juli 82.

3 Uhr Nachmittags	0,2	0,55
Andern Morgen 8 Uhr	0,75	0,7.

c) Dieselbe Pflanze.

3 Uhr im Licht	6 Uhr früh in Luft	6 Uhr früh in H
0,2	1,1	0,3.

7. Die Entsäurung des Saftes bei Tag wird in CO_2 gänzlich, in H wenigstens theilweise verhindert.

1. Versuche mit *Bryophyllum* vom 20—27 Mai 1882. Morgens 6 Uhr wird von Topfpflanzen mit mehreren Blattpaaren die eine Hälfte der Blätter als Controlle abgenommen und zu Saft verarbeitet. Die Pflanzen, mit der correspondirenden Hälfte der Blattpaare (in den Töpfen) unter geräumigen Glocken die auf matte Glasplatten aufgedichtet waren, dem Licht (6—8 diffus, dann directe Sonne) bis 2 Uhr Nachmittags exponirt. Eine Partie in Glocke mit gewöhnlicher Luft und geöffnetem Tubulus; eine zweite im continuirlichen CO_2-, eine dritte in gleichem H-Strom. Die Luft wurde zunächst durch rasches Einleiten der Gase nach Möglichkeit verdrängt und dann der Gasstrom in secundenschnellen Blasen durchtreten lassen. Acidität von 1 cc Saft.

	Normal	In H	In CO_2
Früh 6 Uhr	1,0	1,0	0,9
Nachmittags 2 Uhr	0,3	0,7	0,9.

2. Versuch. Stets Sonne.

	Normal	In H	In CO_2
Morgens 8 Uhr	1.35	1,3	1,0
Nachmittags 3 Uhr	0.2	0,35	1.2.

3. Versuch. Stets Sonne.

Früh 8 Uhr	1.0	0.85	1.0
Mittags 3 Uhr	0.3	0.75	1,05.

4. Versuch. Zumeist Sonne.

Morgens 6 Uhr	1.7	1.5	1.5
Nachmittags 3 Uhr	0.5	0,7	1.5.

5. Versuch. Stets Sonne.

Früh 8 Uhr	1.4	1,6	1,4
Mittags 3 Uhr	0.3	1.0	1.4.

6. Versuch.

Morgens	1,6	1,5	1,4
Nachmittags	0,35	0,6	1,4.

2. Versuch mit *Bryophyllum.* 29. Nov. Von Früh 8 Uhr bis Nachmittags 3 Uhr; etwa 2 Stunden Sonne, sonst diffuses Tageslicht. 2 cc Saft. — Ohne Controllversuch.

	In H	In CO_2
Morgens	1.0	0,7
Nachmittags	1.1	1.1.

3. Gleiche Pflanzen. 1. Dez. — Ohne Sonne.

	Luft	H	CO_2
Morgens 7 Uhr	2.0	1.3	1.7
Nachmittags 3 Uhr	1.85	1.5	1,65.

4. Desgl. Trüber Tag. 2. Dez.

	Luft	H	CO_2
Morgens 8 Uhr	1,5	1.1	1,3
Nachmittags 3 Uhr	1,45	1.2	1.4.

7a. Versuche in CO_2 und O.

1. Eingewurzelte *Bryophyllen* mit 3—4 kleinen Blattpaaren, ebensolche *Echeveria secunda*, und abgeschnittene Zweige von *Crassula tetragona.* Von Früh 8 Uhr bis Nachmittags 3 Uhr am Fenster in diffusem Licht. Unter lufthaltiger Glocke

oder in solchen durch welche ein Strom von CO_2 oder reines Sauerstoffgas ging. 11. Nov. 1880.

Von *Bryophyllum* wurden 3,3 gr Substanz mit 20 cc Wasser zerrieben; von *Crassula* 5 gr mit gleicher Menge Wasser, von *Echeveria* reiner Saft genommen. — 2 cc Lösung.

	Bryophyllum	*Crassula*	*Echeveria*
Morgens 8 Uhr	1,5	2,8	4,2
Nachmittag normal	1,2	2,5	2,5
Nachmittag CO_2	1,5	3,0	4,0
Nachmittag Sauerstoff	1,35	2,6	—

2. *Bryophyllum*, *Echeveria* und *Aeonium Haworthi*. Von *Echeveria* Saft, von *Aeonium* 11 gr Blatt mit 20 cc Wasser, von *Bryophyllum* eine tarirte, nicht gewogene Menge mit 20 cc Wasser. — 2 cc. Von Früh 8 Uhr bis Nachmittags 3 Uhr exponirt.

	Echeveria	*Bryophyllum*	*Aeonium*
Licht normal	4,0	1,7	1,55
Licht CO_2	5,0	2,5	2,6
Licht O	4,4		1,5.

3. Ein gleicher Versuch mit *Echeveria pumila*, *Scheideckeri* und *Aeonium*. Saft. 2 cc.

	E. pumila	*E. Scheid.*	*Aeonium*
Licht normal	3,5	—	—
Licht CO_2	4,8	3,45	2,3
Licht O	—	3,0	1,3.

4. 18. Nov. Exposition in der Sonne von 8 Uhr bis Nachmittag 3 Uhr. *Aeonium*, *Mesembryanthemum lucidum*, *Sedum dendroides*. 2 cc Saft.

	Aeonium	*Mes.*	*Sedum*
Licht CO_2	4,0	2,6	3,5
Licht O	3,5	2,5	3,3.

8. Lichtversuche in CO_2 freier Atmosphäre.

Für diese Versuche wurden grosse horizontalliegende Glascylinder benutzt, die auf der einen Seite an sich geschlossen waren, auf der andern mit sicher schliessenden durchbohrten dicken Gummistöpseln nach Einführung der Pflanzen und Kalistücke geschlossen werden konnten. Die Durchbohrung war zur Ausgleichung der Druckdifferenzen mit einem U-Rohr (mit Kalistücken gefüllt) versehen. Neben

die Pflanzen, wohl gereinigte Rosetten, in Glasschalen liegend, wurden rechts und links Glasnäpfe mit viel frischen Kalistücken gestellt. Die eingeführten Rosetten wurden, je eine oder mehrere, ganz gewichtsgleich hergestellt, die eine Hälfte sofort verarbeitet, die andere nach dem Versuch wieder gewogen und in gleicher Weise verwendet. Versuche im Freien, in Sonne oder leichtem Schatten.

1. *Echeveria secunda.* Versuch mit 2 Rosetten beginnt Früh 8 Uhr und dauert bei warmen Wetter und lichter Sonne bis Nachmittags 3 Uhr.

Gewicht der Rosetten vor dem Versuch 34.55
„ „ „ nach „ „ 33,80
Gewichtsverlust 0,75

Die Substanz mit kochendem Wasser erschöpft auf 140 cc gebracht.
Säurebestimmung. Licht zu Dunkel = 8 : 13.
Zuckerbestimmung in 100 cc ist CuO Dunkel 0,335
Licht 0,411.

2. Ein gleicher Versuch (9. August). 1 Rosette wiegt vorher 50,67
nachher 50,50
Verlust 0,17.

Auf 130 cc gebracht.
Säure bei Tag und Nacht = 11 : 16.
Zucker in 100 cc ist CuO Nachts 0,397
Tags 0,509.

3. *Sempervivum Verlotti.* 13. Juli. Die Rosetten werden halbirt, jede Hälfte wiegt 13 gr. Gewichtsverlust von Früh 8 bis Nachmittags 3 Uhr etwa 0,5. Durch die Recipienten ging langsam ein gereinigter Luftstrom. Volum des Auszugs 250 cc.

Säure: in 5 cc Laugenverbrauch Früh 0,30
Nachm. 0,25
Zucker: CuO in 100 cc Früh 0,142
Nachm. 0,152.

4. *Sempervivum Schotti.* 6 Rosetten halbirt, Gewicht der Hälften 14.73. Dauer des Versuchs (Regentag) von 8—2½ Uhr. — Volum der Flüssigkeit 140 cc.
Säure von 8 auf 6 vermindert.
Zucker von 0,116 auf 0,162 CuO in 100 cc Extract vermehrt.

Tabelle V.

1. Von *Echeveria secunda* werden 10 völlig gleiche Rosetten Früh 7 Uhr, die andern 10 nach 10stündiger Lichtexposition Abends 5½ Uhr (Regentag) zum Versuch genommen. Reiner Saft.

a) Acididät. Für 2 cc Saft Laugenverbrauch	Nachts	8,0	Verhältniss 1 : 4
	Tags	2,0.	
b) Aepfelsaurer Kalk in 40 cc Saft	Nachts	0,533	
	Tags	0,534.	
c) Freie Aepfelsäure als Bleimalat bestimmt	Nachts	0,440	
	Tags	0,100.	
d) Zucker in 40 cc. Als CuO	Nachts	0,144	
	Tags	0,173.	

2. *Sempervivum acuminatum.* Eine Hälfte der Versuchspflanzen Abends 5½ Uhr, (directe Sonne und schwüler Tag), andere Hälfte am andren Morgen 8 Uhr. Saft.

a) Acididät. Für 2 cc der Laugenverbrauch	Tags	6,2
	Nachts	13,0.
b) Aepfelsaurer Kalk in 50 cc Saft	Tags	1,947
	Nachts	1,993.
c) Freie Säure als Bleimalat in 50 cc	Tags	0,528
	Nachts	1,247.

Anhang.

Ueber das Verhalten geotropisch reizbarer Organe in CO_2- oder H-Atmosphäre.

In dem zweiten Heft über die Wasservertheilung Cap. II S. 38 habe ich die inneren Veränderungen bei einseitigen Wachsthumsvorgängen, besonders bei den geotropischen Krümmungen behandelt und gezeigt, dass bei diesen Krümmungsvorgängen der Zellsaft auf der convexen Seite specifisch leichter und dass derselbe constant an Zucker erst reicher, dann an diesem und freier Säure ärmer wird. Dass diese Vorgänge nachweislich sind, noch bevor eine Krümmung eintritt, gibt denselben besonderes Interesse und lässt sie als eine der Vorbedingungen der geotropischen und heliotropischen Krümmungen erscheinen.

Die Zusammengehörigkeit beider Erscheinungen scheint mir dadurch noch klarer erwiesen zu werden, wenn sich nachweisen lässt, dass der Eintritt beider Erscheinungen an gleiche äussere Bedingungen geknüpft ist.

Ich theile im Folgenden eine Anzahl Versuche mit, welche zeigen, dass in H oder CO_2 Schwerkraftskrümmungen unterbleiben, zugleich mit ihnen aber auch alle jene inneren stofflichen Vorgänge, welche wir oben als Begleiter derselben hervorgehoben.

Die Versuche wurden so gemacht, dass zunächst krümmungsfähige Stengel gewöhnlich, Sprosse von Kraut- oder Holzpflanzen, oder auch eingewurzelte Keimglieder, andrerseits auch krümmungsfähige Wurzeln auf mit feuchtem Filtrirpapier überzognen Brettchen mit Nadeln am ausgewachsenen Ende aufgeheftet bezw. mit den Samen aufgestellt wurden.

Diese wurden darauf in geräumigen horizontalliegenden Cylindern als Recipienten eingeschlossen. Die Cylinder waren 25 cm lang, 6 cm weit und einerseits geschlossen, auf der andern Seite mit doppeltdurchbohrten Gummipfropfen wohl verschliessbar. Durch die eine Oeffnung war eine lange bis ans Ende reichende Glasröhre zur Zufuhr, durch die andere eine kurze zur Abfuhr der Gase bestimmte Glasröhre eingefügt.

Nachdem in die Cylinder die Versuchsobjecte eingeführt waren, wurde während der ganzen Versuchsdauer in langsamem Strom gewaschene CO_2 oder H durchgeleitet; vorher war durch rasches Einleiten die Luft vertrieben worden. Zur Controlle dienten Pflanzen in gleichen Cylindern gewöhnlicher Luft, in denen ein Schälchen mit Kalilauge Ansammlung von CO_2 verhütete.

Auch wurden die gleichen Versuchsobjecte in freier Luft beobachtet. Alle Versuche sind im Dunkelraum angestellt.

I. Versuche, welche zeigen, dass in CO_2- und H-Atmosphäre die geotropische Reizbarkeit sistirt wird.

a) Versuche in CO_2.

1. 5. Mai 1881. Mit Blüthenknospen versehene Schäfte von *Taraxacum* werden morgens 9 Uhr in der oben beschriebenen Weise niedergelegt. Vier in atmosphärischer Luft befindliche Exemplare waren schon um 11 Uhr sehr schön gekrümmt, die im Kohlensäure-Strom befindlichen lagen selbst Nachmittags 3 Uhr, also nach 6 Stunden, noch absolut regungslos; dabei waren sie aber straff und völlig gesund. Sie wurden nun in den Luftrecipienten geschoben und erhoben sich hier bis Abends 5 Uhr, also binnen 2 Stunden, in einem Winkel von 45°.

Neue Exemplare, Nachmittags 3 Uhr, in den Kohlensäurestrom gebracht erhoben sich bis andern Tags 5 Uhr (also binnen 14 Stunden) nicht, während Controllexemplare in Luft wiederum in 2 Stunden emporgebogen waren. Auch diese CO_2-Exemplare erhoben sich, in Luft gebracht, aber erst nach 6 Stunden.

Ein dritter Versuch mit 3 *Taraxocum*schäften ergab in 15 Stunden nicht die geringste Krümmung in CO_2; nach Ueberbringung in Luft binnen 6 Stunden Andeutung einer Hebung und nach 24 Stunden fast völlige Aufrichtung.

2. 7. Mai. *Ranunculus bulbosus*. Blüthenstiele mit Knospen. Versuch Morgens 9 Uhr begonnen. In der Luft sind die Stiele nach 2 Stunden sehr deutlich, nach 3 Stunden senkrecht emporgestellt, bis Nachmittag 4 Uhr waren sogar die untern Enden aufwärts gekrümmt. — In CO_2 war auch nach 21 Stunden (8. Mai Früh 6 Uhr) keine Veränderung eingetreten. In gewöhnlicher Luft trat darauf im Laufe des Tages die erste Andeutung der Krümmung ein, am Morgen des 9. Mai waren die Stiele aufgerichtet.

3. 8. Mai. Früh 6 Uhr wurden Blüthenknospen tragende Stengel von *Anthriscus silvestris* und *Rumex acetosa* im CO_2-Strom und gleichzeitig in der Luft niedergelegt. Schon um 8 Uhr war in der Luft völlig Aufrichtung eingetreten, während

in CO_2 nach 24stündigem Durchströmen der CO_2 nicht die geringste Spur einer Aufwärtsbewegung eintrat; an der Luft geschah darauf binnen 4 Stunden die Krümmung.

4. Entblätterte Sprosse von *Vicia sepium.* 9. Mai niedergelegt, erhoben sich in Luft in der Zeit von 9—12 Uhr Früh deutlich, in CO_2 nach 24stündigem Liegen nicht.

5. Analoge Versuche mit blühenden Stengeln von *Lamium purpureum, Nonnea lutea* und *Campanula rapunculoides* ergaben nach 15 Stunden in CO_2 keine Regung, dagegen bei nachherigen Verweilen in Luft, binnen 12 Stunden völlige Aufrichtung.

6. Am 11. Mai wurden Triebe von *Polygonum Bistorta* und *Prunus Padus,* Blüthenstandsträger von *Primula officinalis* und *Valeriana Phu* Früh 7 Uhr niedergelegt, und waren in Luft Nachmittags 3 Uhr alle erhoben, besonders kräftig *Bistorta,* in CO_2 nach diesen 8 Stunden nicht die leiseste Regung. In Luft erhoben sich die CO_2-Sprosse später.

7. 11.—12. Juni. Abends 8 Uhr in Luft und CO_2 niedergelegte Triebe von *Robinia viscosa, Eupatorium cannabinum, Solidago virgaurea* und *Melissa officinalis* zeigen dasselbe Verhalten, bis zum andern Morgen.

8. 13. Juni. Von Nachmittag 4 Uhr bis Nachts 1 Uhr erheben sich Triebe von *Malva Alcea, Artemisia Abrotanum, Gratiola officinalis* und *Coronilla varia* und Früh Morgens senkrecht emporgestellt. In CO_2 findet keine Veränderung, später in Luft Aufrichtung erst nach 24 Stunden statt.

b) Versuche in H.

9. Triebe von *Tradescantia zebrina* erheben sich in Luft binnen 12 Stunden, in H gar nicht; an die Luft gebracht sind sie nach weiteren 12 Stunden nicht, wohl aber nach 24 Stunden erhoben.

10. Keimlinge von *Vicia Faba* mit etwa 1 dc langem Epicotyl, die Wurzel entfernt. Machen (21. Oct.) in 6 Stunden in H keine, wohl aber in Luft Krümmungen; auch nach 15 Stunden sind sie in H ungekrümmt. Ein gleicher Versuch zeigte nach 8 Stunden gleichen Erfolg.

11. Keimlinge von *Vicia Faba* und *Phaseolus.* Nur die Epicotyle beobachtet, Wurzeln vom Samen weggeschnitten. Der Versuch begann 20. October Früh 5½ Uhr, nach 2 Stunden war in der Luft deutliche, um 10 Uhr senkrechte Aufrichtung zu gewahren. In H war nach 4½ Stunden keine Regung zu bemerken; wohl aber 3 Stunden später in Luft.

12. *Phaseolus.* Dunkelkeimlinge mit 0,5—1 dcm langen Epicotylen. In 5 Stunden in Luft aufgerichtet, und jetzt und nach 7 Stunden auch die Nebenwurzeln gekrümmt. In H Wurzel und Stengel ohne Krümmung.

13. Finsterkeimlinge von *Pisum* mit etwa 1 dcm langen Wurzeln und 0,5 dcm langen Epicotylen; in Luft von Morgens bis Abends 6 Uhr Wurzel und Stengel wohl gekrümmt, in H unterblieb dieselbe während dieser Zeit, stellte sich aber nachträglich in kürzerer Zeit in Luft ein.

14. Desgl. In Luft nach 6 Stunden Krümmung, in H selbst nach 12 Stunden nicht; wohl aber nach weiteren 12 Stunden in Luft.

Aus Vorstehendem ergeben sich folgende Sätze:

1. Geotropisch reizbare Organe (sowohl positive als negative) verlieren beim (kürzeren) Verweilen in sauerstofffreier Atmosphäre ihre Reizbarkeit und gerathen in einen Zustand der „Asphyxie“ der „Starre“, wobei sie aber, so weit sichtlich völlig, gesund und lebendig bleiben?

2. In Sauerstoffhaltige Luft zurückgebracht erhalten dieselben nach einiger Zeit ihre Reizbarkeit wieder und führen geotropische Krümmungen aus. Es ist aber deutlich sichtbar, dass sie den Zustand der Betäubung erst nach und nach überwinden; die starr gewordenen Organe brauchen zur Ausführung einer Bewegung längere Zeit als normale. Dieser Zustand ist offenbar dem z. B. bei den reizbaren Staubgefässen von *Berberis* durch Kabsch beschriebene Starrezustand analog (Sachs, Vorlesungen S. 727).

II. Versuche, welche zeigen, dass in CO_2 die Stoffvertheilung nicht stattfindet.

(Hinsichtlich der Einzelheiten der Methode darf auf Heft II S. 8, 38 u. s. w. verwiesen werden.)

1. Am 14. Juni 1881 wurden entblätterte Triebe von *Sambucus nigra* (mit Gipfel) in CO_2 niedergelegt Früh 8 Uhr bis Nachmittag 3 Uhr; Controllversuche in Luft ergaben indess ansehnliche Krümmung, in CO_2 waren die Triebe absolut gerade, sonst straff und normal. — Dieselben wurden in obere und untere Hälfte getheilt; diese kochend extrahirt und auf gleiches Volum gebracht.

Es ergab sich 1. Acidität ober- und unterseits absolut gleich.

2. Zuckerartige Substanz mit Fehling bestimmt. Als CuO

a) in Luft	oben	0,407	CuO
	unten	0,365	„
b) in CO_2	oben	0,409	„
	unten	0,401	„

2. *Sambucus*-Triebe, nach 24 stündiger Horizontallage in CO_2 völlig gerade, aber sonst normal. Halbirt, kochend erschöpft. Das gefundene CuO, die reducirende Substanzen repräsentirend war (aus 5000).

oben 0,207
unten 0,202

3. *Sambucus*-Triebe, ganz gleich behandelt. CuO in

oben 0,351
unten 0,356

4. Ein Versuch mit *Sambucus* so angestellt, dass die Horizontallage nur 1½ Stunden, sowohl in Luft als in CO_2 dauerte, ergab

1. Acididät in Ober- und Unterseite bei Luft- und CO_2-Versuch gleich.
2. Reducirende Substanzen ergeben bei 40 cc Flüssigkeit in

	oben	unten
Luft	0,326	0,330
CO_2	0,284	0,287

5. *Sambucus.* 9. Juni 8 Uhr Früh starke Triebe niedergelegt, sind nach 1½ Stunden ungekrümmt in CO_2, ein kleines Wenig gekrümmt in Luft. Halbirung etc. wie oben.

1. Säure in beiden Fällen oben und unten total gleich.
2. Zuckerbestimmung als CuO:

	Luft	CO_2
oben	0,586	0,362
unten	0,558	0,370

Auch nach 24 Stunden zeigten in CO_2 liegengebliebene Triebe zwar völlige Straffheit, aber nicht die geringste Krümmung; diese trat aber nach 24 stündigem Aufenthalt in Luft noch sehr schön ein.

6. *Eupatorium cannabinum.* 8. Juni. Frische starke Triebe Morgens 9 Uhr in Luft und CO_2 niedergelegt und, wie im vorigen Versuch, nach 1½ Stunde, in beiden Fällen ungekrümmt, aufgenommen. Die Hälften kochend erschöpft; die Zuckerbestimmung ergab

	Luft	CO_2
oben	0,169	0,217
unten	0,157	0,215

7. *Bunias orientalis.* Kräftige Blüthenknospen tragende Stengel, entblättert. In Luft und CO_2 am 20. Mai Morgens 10 Uhr bis 21. Mai Früh 8 Uhr niedergelegt.

In der Luft in scharfem Knick senkrecht empor gestellt, in CO_2 absolut regungslos, aber unversehrt gesund und straff.

1. Säure in CO_2 oben und unten absolut gleich,
in Luft sehr deutlich unten weniger sauer.

2. Zuckerbestimmungen.

a) in CO_2 oben 0,228 — andere Bestimmung: 0,261
(in 30 cc) unten 0,233 — 0,268

b) in Luft an Exemplaren, welche 3 Tage bereits aufgerichtet waren:
concav 0,252
convex 0,252

an solchen, welche 2 Tage aufgerichtet waren:
concav 0,178
convex 0,181

Ein gleicher Versuch mit *Bunias* in CO_2 ergab CuO
oben 0,217
unten 0,223

8. Controllversuche zum Verständniss von n. 7 mit *Bunias orientalis* in Luft.

a) 2 Stunden niedergelegt, etwas gekrümmt. CuO in 40 cc
oben 0,204
unten 0,232

b) Ein gleicher Versuch, 2stündig
oben 0,327
unten 0,429

9. Versuch mit *Bunias*. 2stündig in CO_2. CuO
oben 0,443
unten 0,449

10. *Rumex acetosa*. 13. Mai Abends 8 Uhr in Luft und CO_2 niedergelegte Triebe sind am 14. Mai Früh 6 Uhr in Luft schön erhoben, in CO_2 flach niederliegend; aber straff.

1. Säure in CO_2 oben und unten absolut gleich, in den Luftexemplaren unten entschieden vermindert.

2. Zucker durch Titration bestimmt ergibt genau das gleiche Resultat. Ein zweiter und dritter Versuch in CO_2 verhielten sich ebenso.

11. Versuche mit *Anthriscus silvestris* vom 15.—17. Mai. Blüthentragende Stengel in Luft und CO_2 ergeben wiederholt die gleichen Resultate:

1. rasche Krümmung in Luft, absolute Regungslosigkeit in CO_2;

2. Acidität in CO_2 ober- und unterseits unverändert, in den gewöhnlichen gekrümmten Exemplaren unterseits vermindert;

3. Zucker in CO_2 unverändert, in den normalgekrümmten unterseits vermindert.

Diese Versuche zeigen:

Während bei normal geotropischen Krümmungen die bereits früher festgestellten innern Vorgänge der Wasser-, Zucker- und Säurevertheilung statt haben, nemlich das Wasser auf der convexen Seite sich mehrt, die Säure vermindert, der Zucker aber verschiedene Phasen durchläuft (vgl. n. 8, dann n. 5 und 6 mit n. 7 b) unterbleiben alle diese Veränderungen bei horizontal gelegten Sprossen, die in sauerstofffreier Atmosphäre zu athmen verhindert sind.

Inhalt.

Abhandlungen

zur

vergleichenden Anatomie des Auges.

I.

Die Retina der Cephalopoden.

Von

Dr. H. Grenacher,
Prof. der Zoologie a. d. Univ. Halle a. S.

Mit 1 Tafel.

Die Untersuchungen, von denen auf den folgenden Seiten gehandelt werden soll, bilden eine Fortsetzung meiner Studien über das Sehorgan in der Thierreihe. Bis jetzt waren es besonders die Augen der Arthropoden, mit denen ich mich eingehender befasste, und ich habe, von einigen kleineren auszugsweisen Mittheilungen abgesehen, in zwei ausführlicheren, mit Abbildungen ausgestatteten Arbeiten*) dem wissenschaftlichen Publicum die gewonnenen Resultate vorgelegt. Schon in der erstgenannten grössern Arbeit habe ich mich indessen bemüht, den erhaltenen Resultaten, soweit sie eine nicht blos auf den Arthropodentypus beschränkte Bedeutung zu haben schienen, eine allgemeinere Tragweite zu verleihen, indem ich die bei Gliederthieren gefundenen allgemein wiederkehrenden Formelemente mit den in den Augen anderer Thiere sich findenden in Parallele stellte, und ich habe in dem citirten Buche einen besondern Abschnitt (l. c. pag. 157—168) diesem Versuche gewidmet. Eigene Untersuchungen, wenn auch nicht überall sehr eingehender Art, und, wo diese nicht zu Gebote standen, Verwerthung und Interpretation der am besten beglaubigten Befunde anderer Autoren wurden herangezogen, um wenigstens ein vorläufiges Bild derjenigen Elemente zu construiren, welche in die Bildung des wesentlichsten Theiles des thierischen Auges, die *Retina*, eingehen.

Es ist eine fast unausbleibliche Consequenz der längere Zeit hindurch innerhalb eines relativ engen Bereiches sich bewegenden Forschung, dass dem Untersucher sich gewisse Gesichtspunkte aufdrängen, die Demjenigen, der solche Gebiete flüchtiger und nur gelegentlich berührt, leicht entgehen. Solche Gesichtspunkte als vorgelegte Fragen zu betrachten, zu sehen, ob sie sich als richtige, der Natur adaequate Vorstellungen erweisen, bietet einen besondern Reiz. Solche Gesichtspunkte oder Fragen waren es auch, die mich veranlassten, die Retina der Cephalopoden einer erneuten Revision zu unterwerfen.

---

*) H. Grenacher, Untersuchungen über das Sehorgan der Arthropoden, insbesondere der Spinnen, Insekten und Crustaceen. Göttingen, 1879. 4° mit 11 Taf. — Derselbe, Ueber die Augen einiger Myriapoden, in: Arch. f. mikr. Anatom. Vol. 18. 1880. pag. 415—467. Taf. XX, XXI.

Ich habe in der vorhin citirten grösseren Arbeit auf Grund eigener Forschungen mir einen Begriff von der percipirenden Einheit des Auges der Arthropoden, des Retina-Elementes, gebildet, und bisher noch keinen zwingenden Grund auffinden können, diesen Begriff gerade auf den genannten Thiertypus zu beschränken. Nun hat sich aber aus der die Augen anderer Thiere oder Thiergruppen behandelnden Literatur ergeben, zwar nicht, dass jener Begriff auf andere Formen dieses Organes nicht übertragbar wäre, wohl aber, dass neben dem fraglichen Elemente der Retina noch anders gestalteten Nervenendigungen eine besondere functionelle Bedeutung zugeschrieben wird, welche die meines Erachtens dominirende Rolle jener ersten sehr wesentlich beeinträchtigen müsste, falls sie sich wirklich in der einen oder der andern Art an der Perception betheiligten. Vor Allem ist es das Auge der Cephalopoden, in welchem, und zwar von der glaubwürdigsten Seite, solche andere Formen von Nervenendigungen neben den typischen Retina-Elementen mit ihren Stäbchenbildungen angegeben wurden, und sie erschienen daher vorzugsweise geeignet zu einer Prüfung der principiellen Richtigkeit oder Unrichtigkeit meiner eigenen Ansichten.

Ich brauche dem kundigen Leser wohl nicht erst zu sagen, dass ich es hier besonders mit V. Hensen zu thun habe, dem wir eine — ich kann nicht umhin, hier das vielfach missbrauchte Wort anzuwenden — wahrhaft classische Untersuchung über das Auge der Cephalopoden (und anderer Weichthiere) verdanken.*) Ich kenne keine einzige Arbeit aus dem ganzen Gebiet der Anatomie der Sinnesorgane überhaupt, die ich über jene stellen möchte, und nur sehr wenige, die einigermassen an sie heranreichen. Diese exceptionelle Stellung verdankt sie in meinen Augen aber weniger ihrer — wenn auch noch so hervorragenden — Genauigkeit in der Beobachtung des Thatsächlichen, sondern vielmehr der vollendeten Durchdringung der morphologischen und physiologischen Betrachtungsweise. Wie schwer ein solcher Vorgänger seinen Nachfolgern es macht, das Thema weiterzuführen, das habe ich reichlich empfunden; dass meine eigenen Untersuchungen selbst sich nur auf die Netzhaut der Cephalopoden beschränken, die übrigen Augentheile derselben aber ausser Betracht bleiben, rührt von der Erkenntniss her, dass dort nach Hensen's Untersuchungen zur Zeit nichts mehr zu thun ist.

Als eines der hervorragendsten Verdienste Hensen's möchte ich es bezeichnen,

---

*) V. Hensen, Ueber das Auge einiger Cephalopoden, in: Ztschrft. f. wiss. Zool. Vol. XV. 1865. pag. 155—242. Taf. XII—XXI.

dass er in der genannten, sowie in einer nachher erschienenen Arbeit*) die Grenzen der Vergleichbarkeit des Cephalopodenauges mit andern Sehorganen weit enger absteckte, als es früher für zulässig galt, und daraufhin die Terminologie reformirte, so dass sie nicht mehr in dem vorher beliebten Stile ein vages Spielen mit vermeintlichen Homologieen, die höchstens Analogieen sind, gestattet. Die ganze sich darin ausprägende Auffassungsweise hat natürlich allenthalben, wo noch Sinn für wissenschaftliche Methodik vorhanden war oder erweckt werden konnte, Eingang und Beifall gefunden; nur vereinzelt treten gelegentlich noch Autoren auf mit der Prätension, die Hensen'schen Deutungen zu widerlegen, was aber ihrem Verständniss für wissenschaftliche Behandlung morphologischer Fragen in meinen Augen wenigstens ein keineswegs günstiges Zeugniss ausstellt. Wenn zum Beispiel neuere Autoren über das Cephalopodenauge aus dem Verlaufe der Blutgefässe in demselben „mit zwingender Logik" alle Theile des Vertebratenauges an ihm demonstriren wollen, so halte ich diesen Standpunkt für einen genau so naiven, wie den alten, welcher den Kopfknorpel der Cephalopoden auf den Vertebratenschädel reducirbar hielt.

So einschneidend Hensen's Bemühungen in diesem Punkte auch waren, so sind sie doch vielleicht nicht radical genug gewesen. Dies erklärt sich aber, wie Hensen selbst (l. c. pag. 156) auch ausspricht, aus dem Umstand, dass zu jener Zeit eine Reihe von nicht unwichtigen Momenten aus der Entwickelung des Cephalopodenauges noch nicht bekannt geworden waren. Diese sind seither geliefert worden, und aus ihnen ergiebt sich mit aller nur wünschenswerthen Bestimmtheit die Berechtigung zur Zurückweisung solcher Velleitäten, wie die obenerwähnten Versuche der Zurückführung aller oder einzelner Theile des Cephalopodenauges auf die Constituentien des Wirbelthierauges. Ich selbst habe in einer schon vor 10 Jahren erschienenen Arbeit über die Entwickelung eines seiner Abstammung nach leider noch immer unbekannten Cephalopodenembryo**) mit voller Bestimmtheit aussprechen können, dass die erste Anlage des Auges der Tintenfische durchaus mit der bleibenden Form des Auges der Schnecken übereinstimmt, und dass Alles, was sonst bis zur Ausbildung der typischen Bestandtheile des Cephalopodenauges hinzukommt, Neubildungen sui generis sind; d. h. also mit andern Worten, dass die Cephalopoden hin-

*) V. Hensen, Ueber den Bau des Schneckenauges und über die Entwickelung der Augentheile in der Thierreihe, in: Arch. f. mikr. Anat. Vol. II. 1866. pag. 390—429. Taf. XXI.

**) H. Grenacher, Zur Entwickelungsgeschichte der Cephalopoden. Zugleich ein Beitrag zur Morphologie der höhern Mollusken, in: Ztschft. f. wiss. Zool. Vol. XXIV. 1874. pag. 419—498. Taf. 39—42. — Vgl. bes. pag. 483—489.

sichtlich der Entwickelung ihres Auges zunächst dem allgemeinen Typus der Augenbildung bei den Cephalophoren überhaupt folgen, dann aber sich über die Organisationshöhe jener hinaus weiterbilden. Die etwas späteren, ungleich mehr in's Einzelne gehenden Untersuchungen Bobretzky's*) finde ich mit meinen eigenen Ansichten völlig im Einklang, soweit mein lediglich auf die Interpretation seiner Abbildungen basirtes Urtheil reicht — der Text ist leider nur seinen russischen Landsleuten zugänglich.

Dass diese geradezu fundamentalen Unterschiede zwischen dem Auge der Wirbelthiere und dem der Cephalopoden, welche trotz aller wunderbaren Aehnlichkeiten im Gesammtbau und in der Anordnung der einzelnen Theile bei jeder nur einigermassen eingehenden Betrachtung bestehen, auch in der Structur der Retina ihren Ausdruck finden, wird heutzutage nicht mehr so überraschen wie damals, als man mit Erstaunen die diametral entgegengesetzte Lage und Richtung der Stäbchen zur Netzhaut in den beiderlei Augenformen entdeckte. An dies Factum sich zu gewöhnen hat man ja reichlich Zeit gehabt. Aber doch sind, wie es mir wenigstens scheinen will, die Vorstellungen darüber noch lange nicht der wirklichen Differenz zwischen beiden entsprechend. Man weiss, was für ein complicirtes Gebilde die Wirbelthier-Netzhaut, und was für ein hoffnungsloses Unternehmen es ist, die Opticusfaser von ihrem Eintritt in den Bulbus bis zu ihrem Ende in oder an den Stäbchen und Zapfen zu verfolgen, durch alle die Lagen von Ganglienzellen, Körnern und Granulationen hindurch. Mit diesem Masse darf man aber die Cephalopoden-Retina nicht messen wollen; hier liegen die Verhältnisse ungleich einfacher und durchsichtiger. Auch ich selbst bin früher in dieser Hinsicht anderer Ansicht gewesen, und habe auf Grund der literarischen Angaben, sowie völlig unzureichender eigener, nur zur allgemeinsten Orientirung angestellter Beobachtungen hier das Vorhandensein von Complicationen zugestanden, die ich heute auf das Bestimmteste bestreiten muss. Gehört nach meiner jetzigen Auffassung die Netzhaut unserer Thiere auch nicht zu den einfachsten, treten an ihr noch Differenzirungen auf, die sie über die Retinae anderer wirbelloser Thiere erheben, so ist damit doch noch nicht der geringste Anhaltspunkt für eine etwaige Annäherung an die Vertebraten gegeben. Von einer wahren Homologie kann ja überhaupt keine Rede sein, aber auch das, was man heutzutage vielfach als Scheinhomologie bezeichnet, fehlt vollständig. Was allein

---

*) Bobretzky, Untersuchungen über die Entwickelung der Cephalopoden. Moskau 1877. 4° mit 10 Taf. (Russisch).

bei beiden Augenformen, und wie weit dies überhaupt verglichen werden darf, sollen meine eigenen Darstellungen zu zeigen versuchen. Ich werde mich natürlich sowohl hinsichtlich der thatsächlichen Untersuchungsresultate, als auch hinsichtlich der Deutung derselben vielfach in Widerspruch befinden mit meinen Vorgängern, von denen Hensen zwar nicht der einzige, aber der hervorragendste ist; hoffentlich wird man aber den Gründen, auf welche ich mich dabei stütze, die Berechtigung dazu nicht streitig machen.

Die vorliegende Untersuchung wurde von mir schon im Jahre 1881 begonnen, und zwar an sehr sorgfältig conservirtem Materiale, welches mir die Zoologische Station in Neapel zur Verfügung stellte. Ich gelangte damals aber nicht zu einem Abschluss; hinsichtlich einiger recht wesentlichen Punkte erwachten wohl Zweifel an der Richtigkeit der bisherigen Darstellungen, aber es fehlten noch die beweiskräftigen positiven Resultate. Meine im Frühjahre 1882 erfolgte Uebersiedelung von Rostock hierher unterbrach diese Studien, und, durch die begleitenden Umstände (absoluter Mangel an Arbeitsraum und Instrumenten), leider auf recht lange Zeit. Erst Ostern 1883 wurde mir durch die Munificenz eines hohen Cultusministeriums die Möglichkeit gegeben, sie wieder aufzunehmen, indem mir ein Aufenthalt in Neapel zum Zwecke der Sammlung und Conservirung von Untersuchungsmaterial bewilligt wurde.

Die Technik der Untersuchung, auf die bei solchen Studien so viel ankommt, hat bekanntlich in den letzten Jahren ganz ausserordentliche Fortschritte gemacht. Hensen hat noch vorwiegend mit Chromsäure und ihren Salzen gearbeitet. Wenn die Anwendung dieser Erhärtungsmittel ihm auch bei der Erforschung des Baues der andern Theile des Cephalopodenauges nicht im Wege gestanden hat, so hat sie ihm doch bei der Untersuchung speciell der Retina keineswegs entsprechende Dienste geleistet. Von meinem früher benutzten Material war das beste das mit Pikrinschwefelsäure (nach Kleinenberg) conservirte; aber auch diese, sonst so vorzügliche Härtungsmethode liess Manches nur ahnen, nicht aber deutlich erkennen. Als eine (wenigstens für einige Cephalopodenspecies) wesentliche Verbesserung lernte ich durch Herrn Dr. A. Lang eine Lösung von Sublimat in Pikrinschwefelsäure bis zur Sättigung kennen. Freilich ist auch diese kein Mittel, das für alle Formen den Erfolg garantirt; am besten bewährte sie sich für die Augen von *Octopus*, dann von *Eledone* und *Sepia*; den pelagischen Cephalopoden (*Loligo, Ommatostrephes, Rossia*) gegenüber versagte auch sie. Worauf das beruhen mag, ist mir unbekannt geblieben. Die Augen der letztgenannten Thiere wurden genau in der gleichen

Weise wie die der ersten behandelt, ohne dass der Erfolg sich damit hätte vergleichen lassen.

Aber auch in anderer Weise habe ich von technischen Vortheilen Gebrauch machen können, welche meine Vorgänger auf diesem Gebiete noch nicht kannten. Als wichtigsten derselben nenne ich die von mir schon früher, bei meinen Studien über das Arthropodenauge, systematisch angewandte Entfärbung, die Zerstörung des Pigmentes vermittelst Mineralsäuren in stark verdünntem Zustande. Das Pigment verhüllt gerade an den wichtigsten Stellen die Einzelheiten, auf die es besonders ankommt, so sparsam im Ganzen die Cephalopodenretina auch damit ausgestattet ist. Durch auf's Extreme getriebene Verdünnung der Schnitte, wie Manche meinen, wird dabei absolut nichts gewonnen; durch mechanische Entfernung des Pigmentes vermittelst Auspinseln, womit Andere es versucht haben, ebensowenig, aus dem einfachen Grunde, weil das Pigment in die Retinazellen eingelagert ist, diese also erst zerstört werden müssen, bevor die Pigmentkörner dem Pinsel zugänglich werden. Das aber heisst doch nichts Anderes, als den Teufel durch Beelzebuth austreiben. — Ich wende jetzt schon seit längerer Zeit, statt der früher fast ausschliesslich von mir benutzten Salpetersäure, Salzsäure an, welche die Präparate weit mehr schont; handelt es sich dabei um feine Schnitte, so genügt schon ein Minimum, um den gewünschten Effekt ohne jede merkliche Schädigung der Gewebe an sich zu erreichen. Rathsamer ist es immer, ganze Stücke Retina (von 2—5 mm Durchmesser) in toto zu entfärben, was ohne Schwierigkeit gelingt, sobald man ein wenig Uebung darin erlangt hat. Ich verwende zu dem Behufe ein Gemenge von ca. 2 Theilen starken (etwa 80 %) Alkohol und 1 Theil Glycerin, dem ich ca. 2—3 % Salzsäure zusetze. Ja, es lässt sich, wenn man will, unter Umständen Pigmentzerstörung und Kernfärbung in einen Act vereinigen: wirft man ein Retinastückchen von oben angegebener Grösse, das 2—3 Stunden in Boraxcarminlösung gelegen hat, also ganz davon durchzogen ist, in die Entfärbungsmischung, so erweist sich die Carminfärbung in sofern resistenter als die natürliche Pigmentirung, als letztere zerstört wird, erstere aber die Kerne tingirt erscheinen lässt. Doch halte ich es, weil das Verfahren viel Uebung voraussetzt, und auch stetige Ueberwachung des Präparates erfordert, im Ganzen für besser, die Processe von einander zu trennen, d. h. zuerst das Pigment zu zerstören, und dann erst die Kerntinction in bekannter Weise vorzunehmen.

Dass die Mikrotomtechnik ebenfalls, und als eines der wesentlichsten Hülfsmittel, in Anwendung gebracht wurde, versteht sich fast von selbst. Würde es sich blos um Dickenschnitte durch die Retina handeln, worauf sich grösstentheils meine

Vorgänger beschränkten, so wäre allerdings die Anwendung des Mikrotoms weniger unerlässlich. Eine einigermassen geschickte Hand kann mittelst des Rasirmessers Schnitte von genügender Feinheit herstellen, um daran, deren Entfärbung resp. eventuelle Tinction vorausgesetzt, ziemlich Alles gewahren zu lassen, was man überhaupt an in dieser Richtung geführten Schnitten, — auch den zartesten Mikrotomschnitten — wahrzunehmen im Stande ist. Aber man läuft, wenn man sich daran genügen lässt, Gefahr, gerade die wichtigsten Structurverhältnisse zu übersehen, und ich selbst verdanke es nur dem Umstande, dass ich planmässig Flächenschnitte durch die Retina legte, die mir schon früher die Räthsel des zusammengesetzten Auges der Insecten und Crustaceen enthüllten, dass ich in einigen Punkten weiter kam, als meine Vorgänger. Um aber diese Flächenschnitte anzufertigen, sie namentlich durch ganz bestimmte Regionen der Retina von sehr unbedeutender Dicke zu führen, giebt es kein anderes Mittel als die verbesserten Mikrotome unserer Zeit. Dass ich mich der ausgezeichneten Methode von Dr. Giesbrecht zum Fixiren der Schnittserien mit grösstem Vortheile bedient habe, mag hier ebenfalls noch Erwähnung finden. — Zum Einschluss der Schnitte verwende ich im Ganzen lieber Ricinusöl als Harze; letztere machen Manches zu durchsichtig. Der Brechungsindex des Ricinusöls beträgt 1,49, liegt also etwa in der Mitte zwischen dem des Glycerins und der meisten Harze. Ricinusöl und Giesbrecht'sche Methode vertragen sich sehr gut, nur der Einschluss macht einige Schwierigkeiten. Zieht man, des letzteren Umstandes wegen, Harzeinschluss vor, so thut man gut, die Färbung möglichst intensiv zu machen, d. h., sie nicht auf die Kerne allein beschränkt sein zu lassen.

Bei der nachfolgenden Darstellung wird ganz besonders auf die bei *Octopus vulgaris* zur Beobachtung gelangten Verhältnisse Rücksicht genommen, und zwar einmal, weil sich das von dieser Form entnommene Material als das am besten conservirte erwies, und dann aber, weil die Elemente ihrer Retina eine grössere Stärke, d. h. für Flächenschnitte und ihr Studium günstigere Dickenverhältnisse zeigen. Nur gelegentlich werden *Eledone* und *Sepia* noch hinzugezogen; die oben genannten pelagischen Formen lasse ich aber völlig ausser Betracht wegen des ungenügenden Erhaltungszustandes meines Materiales. Trotzdem also, streng genommen, die wichtigsten Resultate meiner Untersuchung nur für eine einzige Form Geltung haben, und man also bei peinlicher Auffassung gegen jede Uebertragung derselben auf andere Genera Protest erheben kann, so stehe ich doch nicht an, die gefundenen Structurverhältnisse als typisch für die ganze Classe, d. h. vorläufig für die *Dibranchiaten*, zu betrachten, was sich, wie ich glaube und hoffe, aus der Natur derselben als berechtigt ergeben

wird. Auf mich machen dieselben wenigstens den Eindruck, als ob sie zu jenen Bildungen gehörten, die innerhalb der Thierabtheilungen sich als ihrem Wesen nach constante verhalten und deren Schwankungen an sich nur geringfügige sind. Indessen mag darüber die spätere Forschung das entscheidende Wort sprechen.

Die allgemeinen Lagenverhältnisse, die Ausdehnung etc. der Cephalopodenretina hier zu schildern, kann ich mir füglich ersparen. Ein Jeder weiss, dass sie sich in diesen Beziehungen ähnlich verhält, wie die Netzhaut der Wirbelthiere; ob sie sich bei den einzelnen Gattungen etwas mehr oder weniger weit nach vorn erstreckt, ob ihr peripherischer Rand deutlicher oder weniger deutlich abgesetzt ist — diese und ähnliche Fragen bitte ich durch die früheren Autoren, die sich theilweise eingehend genug damit beschäftigt haben, beantworten zu lassen.

Dagegen aber halte ich es für angebracht, meine Ansichten über die „Schichtung“ der Cephalopodenretina hier schon vorauszuschicken.

Von den bisherigen Untersuchern derselben haben sich fast alle hinsichtlich ihrer allgemeinen Auffassung vom Aufbau der Retina leiten lassen durch Vorstellungen, die von der Wirbelthier-Retina abstrahirt waren. Da nun letztere einen sehr complicirten Bau besitzt, was sich zunächst durch die Ausbildung einer Reihe unter sich differenter Lagen von verschiedenem morphologischen Werthe manifestirt, so wurde ohne Weiteres auch für die Retina der Cephalopoden (und nicht nur für diese unter den Evertebraten) eine zum mindesten analoge, wenn nicht gar homologe, generelle Structur vorausgesetzt. So sprechen meine Vorgänger wohl ausnahmslos von „Schichten“, und mögen sie auch in der Zahl derselben, in der Art der Vergleichung mit denen der Wirbelthier-Retina noch so sehr untereinander abweichen — in der Hauptsache, der „Schichtung“ der Retina an sich, ist keine merkliche Differenz vorhanden.

Am prägnantesten gebe ich vielleicht dem scharfen Gegensatz, in dem ich mich darin zu meinen Vorgängern finde, dadurch Ausdruck, dass ich überhaupt eine „Schichtung“ der uns hier beschäftigenden Retina nicht anerkennen kann, und den Gebrauch dieses Wortes als inadaequat dem wirklichen Sachverhalte verwerfen muss. Der Ausdruck ist ein Ueberbleibsel einer irrigen Auffassung und Deutung der Beobachtungen, daher bei der Einführung einer neuen, besseren, zweckmässig völlig zu cassiren; mag er für die Wirbelthierretina auch noch so gut am Platze sein, hier, wie überhaupt bei Evertebraten, ist er es nicht. Man halte es nicht für blosse Wortklauberei, wenn ich ihn beseitigt wünsche; die Worte des wissenschaftlichen Sprach-

gebrauches sollen doch ein möglichst richtiges Bild, nicht aber falsche Vorstellungen von den Dingen, die sie zu bezeichnen haben, geben. — Ein Beispiel wird wohl am besten zeigen, aus welchen Gründen ich den Ausdruck beanstande. Sieht man einer aufgestellten Reihe Menschen, etwa Soldaten, entlang: spricht man da von einer „Schicht“ Köpfe, einer Brust-, Bauch-, Bein-„Schicht“? Genau so, wie hier Kopf, Brust, Bauch und Beine integrirende Bestandtheile derjenigen Individualitäten sind, aus denen sich die ganze Reihe zusammensetzt, genau so sind auch die Zellenschicht, Pigmentschicht, Stäbchenschicht nur gebildet aus Differenzirungsprodukten derjenigen Einheiten, aus denen sich die Retina aufbaut: der Retinazellen. Nur wenn man noch die Membrana limitans (homogenea, hyaloidea der Autt.) sowie die Nervenfasern, welche die Retina versorgen, mit in den engeren Begriff der Retina aufnimmt, was aber im Grunde nicht statthaft ist, lässt sich der Ausdruck „Schichtung“ noch einigermassen rechtfertigen.

Von den bisherigen Modis der Eintheilung unserer Retina ist es diejenige von Hensen, welche wohl weitaus am meisten Anerkennung besitzen dürfte; wenigstens ist sie mir in der Literatur am häufigsten entgegengetreten. Aus diesem Grunde dürfte es sich wohl verlohnen, näher auf sie einzugehen.

Hensen theilt (l. c. p. 182 u. ff.) die Retina der Cephalopoden zunächst in zwei Blätter, die ihrerseits wieder in einzelne Schichten zerfallen, deren er im Ganzen 7 aufzählt. Von jenen beiden Blättern bezeichnet er das innere, dem Augenmittelpunkt zugewandte, als *Stratum epitheliale*, das äussere dagegen als *Stratum conjunctivum*. Interessant sind die allgemeinen Beziehungen, die er für diese primären Unterabtheilungen der Retina hinsichtlich ihres morphologischen Werthes feststellt. Von der durchaus richtigen Annahme ausgehend, dass das Cephalopodenauge sich als eine einfache grubige Einstülpung der Epidermis anlege, die sich in ihrer weiteren Entwickelung zur Blase abschnüre, erkennt er im Stratum epitheliale die zu Sinneszellen modificirte Lage der Epidermisbildungen. Für das äussere Stratum conjunctivum findet er aber keine so einfache Erklärung. Dasselbe mit den innern Parthieen der Vertebratenretina, an welche Vieles erinnere, ohne Weiteres zu homologisiren, daran hindern ihn mannigfache Bedenken; während die Vertebratenretina in toto sich aus dem äussern Keimblatte hervorbilde, scheinen ihm hier für das Stratum conjunctivum die Dinge anders zu liegen, und er nimmt daher „vorläufig an, dass die nervösen Theile des äussern Blattes in eine eigentliche Schleimhaut eingebettet sind“. Massgebend für diese Auffassung, die, wenn ich den wörtlich wiedergegebenen Passus (l. c. p. 183) richtig verstehe, dieses Stratum conjunctivum nicht vom äussern Keim-

blatt abgeleitet sehen will, ist ihm das Auftreten von Gefässen und einem stark entwickelten Gerüst, welches mit dem Neurilemm in Continuität steht, in eben diesem Blatte. Wenn er aber das Vorkommen von Bindegewebe und Gefässen in der Vertebratenretina durch nachträgliches Hineinwuchern in dieselbe erklären will — liegt denn dann ein Grund vor, dies Hineinwuchern hier für unzulässig zu erklären?

Die weitere Unterabtheilung der beiden Blätter gestaltet sich nun nach Hensen folgendermassen:

I. *Stratum epitheliale.*	1. Die homogene Membran (Hyaloidea s. Limitans autt.). 2. Stäbchen. 3. Pigment und Stäbchenkörner.
II. *Stratum conjunctivum.*	4. Zellenschicht. 5. Balkennetz. 6. Nervenschicht. 7. Hüllhaut der Retina.

Dabei ist die Reihenfolge der Aufzählung von innen nach aussen.

Stelle ich nun gleich im Anschluss an die Hensen'sche Uebersicht meine eigene Auffassung von der allgemeinen Structur der Retina nebenan, so ergiebt sich Folgendes:

Nach innen hin wird die Retina abgegrenzt durch die *Membrana limitans, homogenea* oder *hyaloidea,* die wohl genetische Beziehungen zur Retina im engern Sinne hat, ohne physiologisch zu ihr zu gehören, wie wir bald sehen werden. Auf diese folgt eine mächtige Lage von Retinazellen, welche radiär die Retina in ihrer ganzen Dicke durchsetzen, und deren Differenzirungsprodukte zur Aufstellung der obigen Schichten 2—4 Veranlassung gegeben haben. Hinter der M. limitans folgt nämlich die Region oder Zone der Stäbchen der Retinazellen, oder, wie man sich wohl in Rücksicht auf ihr wirkliches Verhalten correcter ausdrücken könnte, der Rhabdome; an deren äusserem Ende findet sich immer, an ihrem inneren Ende meistens Pigment als Einlagerung der Retinazellen, nicht aber als selbständige Bildung. Die in dem äussern Pigmentgürtel eingelagerten „Stäbchenkörner" Hensen's sind Zellen, welche in sofern nicht im engern Sinne zur Retina zu rechnen sind, als sie mit den Functionen derselben nichts, dafür aber mit der Entstehung und Weiterbildung der M. limitans zu thun haben. — Noch weiter nach aussen folgt die Region, wo die Retinazellen mit ihren Körpern sich am meisten entwickeln, aber ausser ihrem Zellkerne keine weiteren Differenzirungsprodukte, wie Pigment und Stäbchen, aufweisen; also die Zone, welche die „Zellenschicht" Hensen's (4) um-

fassen würde. — An ihren zugespitzten Aussenenden gehen die Retinazellen in die Nervenfasern über, für welche ich am ehesten wegen ihres histologisch von den epithelialen Retinazellen durchaus abweichenden Characters die Annahme einer besondern „Schicht“ zuzugeben bereit bin. — Zwischen die Nervenfasern, sowie zwischen die äussern Hälften der Retinazellen eingestreut liegt das maschige Reticulum, welches Hensen als „Balkennetz“ bezeichnet hat; am weitesten nach aussen endlich seine „Hüllhaut“ der Retina. Ich darf wohl schon hier bemerken, dass es ausserhalb meiner Absicht liegt, in meiner Darstellung diese beiden letztern Bildungen zu besprechen, da ich finde, dass Hensen schon in völlig erschöpfender Weise gesagt hat, was darüber zu sagen ist. Ich selbst habe es ausschliesslich mit dem nervösen Endapparat der Sehnerven und dem, was man mit ihm in Beziehung gebracht hat, zu thun.

Wie aus vorstehender Uebersicht hervorgeht, fällt für mich vor Allem eine Scheidung in ein *Stratum epitheliale* und ein *Stratum conjunctivum* fort. Genauer ausgedrückt ist für mich Alles, was ich als Retina im engern Sinne auffasse, also Alles, was vom innersten Stäbchenende bis zur Vereinigung der Nervenfasern mit den Enden der Retinazellen (mit Ausnahme natürlich der Blutgefässe und der Bindesubstanz) gelegen ist, *Stratum epitheliale*; für ein *Stratum conjunctivum* im Sinne Hensen's finde ich keinen Raum, wenn man diese Bezeichnung nicht etwa jenen ausgenommenen Elementen reserviren wollte. Einen epithelialen Character haben wegen ihrer genetischen Beziehungen (mit einer an Gewissheit streifenden Wahrscheinlichkeit lässt sich dies behaupten) die sog. „Stäbchenkörner“, und in sofern stehen sie in engsten verwandtschaftlichen Beziehungen zum Sinnesepithel selbst, an dessen Functionen sie sich aber nicht betheiligen.

Die Hensen'sche Trennung der Retina in zwei primäre Blätter ist nach meiner Auffassung demnach keine natürliche, da sie die Einheiten, aus denen sich die Netzhaut aufbaut, die Retinazellen, quer durchschneidet. Vor irgend welcher Willkür wird man aber einen Forscher wie Hensen unbedingt freisprechen. Ich selbst schreibe — möglicherweise mit Unrecht — bei dieser Trennung dem Umstande eine grosse Bedeutung zu, dass Dickenschnitte durch die Retina genau in der Gegend, wo Hensen die beiden Strata sich berühren lässt, sich ausserordentlich leicht in zwei Theile theilen. Diese leichte Theilbarkeit wurde schon von Vielen beobachtet; sie rührt davon her, dass die Retinazellen in einer ganz bestimmten Gegend durch eine feine Membran („Grenzmembran“ Hensen), welche die Retina in ihrer ganzen Erstreckung durchsetzt, und von Oeffnungen zum Durchtritt der Retinazellen perforirt

wird, eine meist beträchtliche Einschnürung erleiden, so dass die innerhalb und ausserhalb von ihr gelegenen Theile sich mit grösster Leichtigkeit, und ohne auf weitere Strecken hin den seitlichen Zusammenhang zu verlieren, trennen lassen. Diese Grenzmembran ist für die Orientirung wichtig; entstanden (nach Hensen) aus dem intercellulären Reticulum, ist sie nur auf Durchschnitten mit Sicherheit nachzuweisen, und erscheint auch unter stärkern Vergrösserungen als ein zwar scharf und bestimmt begrenztes, überall nachweisbares Häutchen von sehr geringer Dicke, die sich fast jeder Messung entzieht. Auf meinen Figuren findet man sie ebensowohl wieder, als auf denen von Hensen, M. Schultze und Babuchin.

Diese Membran giebt uns nun die Möglichkeit, im Interesse der leichteren Beschreibung die Retinazelle selbst wieder nach der Differenzirung, welche sie ihrer Länge nach, d. h. welche die Retina also in ihrer Dicke erfährt, in Regionen einzutheilen. Der innerhalb von ihr gelegene, durch die Membrana homogenea s. limitans begrenzte Theil der Retina ist besonders durch die Stäbchen-, resp. Rhabdombildungen characterisirt, an deren äussere Enden sich ein meist eigenthümlich gestalteter, kurzer, grösstentheils mit Pigment erfüllter Abschnitt der Retinazelle anschliesst, welchen ich als Stäbchensockel bezeichnen will. Dieser Abschnitt endet an der Grenzmembran, die er freilich durchsetzt, um in den äussern Zellenabschnitt überzugehen; zwischen die Sockel eingestreut, der Grenzmembran sehr genähert, finden sich jene Zellen von eigenthümlicher Form und Leistung, welche Hensen, und nach ihm M. Schultze als „Stäbchenkörner" bezeichnet haben, die ich aber, weil sie zu den Stäbchen keine anderen Beziehungen als die zufällige der Lage haben, „Limitans-" oder „Homogeneazellen" nennen werde, um ihre wahren Beziehungen schon in ihrem Namen auszudrücken. — Der grosse, jenseits der Grenzmembran gelegene Rest umfasst denjenigen Theil der Retinazelle, welcher am wenigsten differenzirt ist und den Kern enthält, ausserdem von Blutgefässen und dem bindegewebigen Reticulum umsponnen wird, und endlich zu äusserst mit der Nervenfaser in Connex tritt.

In dieser Reihenfolge, die aber wegen des Durcheinanderflechtens heterogener Elemente, d. h. solcher Elemente, die mit der specifischen Function der Retina nichts zu thun haben, mit den eigentlich percipirenden, nicht strenge innegehalten werden kann, will ich nun versuchen, meine eigenen Untersuchungsresultate vorzuführen.

1. Die Membrana limitans (interna) s. homogenea mit ihren Bildungselementen.

Die Limitans ist meinen Vorgängern, die hier in Frage kommen können, allen bekannt geworden; sie wurde beschrieben als eine vollkommen structurlose Membran, welche die Retina auf ihrer ganzen concaven Innenseite dicht überzieht, und an ihrer Peripherie endigt. Man weiss ferner, dass z. B. bei *Sepia* und *Loligo* ihr Zusammenhang mit der Netzhaut ein überaus lockerer ist, so dass man sie an frischen Augen dieser Thiere mit Leichtigkeit loslösen kann, und dass sie an gehärteten Augen sich meist von selbst von ihrer Befestigung lostrennt, um als ein Häutchen von grosser Zartheit und Durchsichtigkeit im Augeninhalte zu flottiren. Weit besser hält sie sich in situ bei *Octopus* und *Eledone*, und auf Schnitten durch die Retina der genannten Genera kann man leichter ihre Beziehungen und Entstehungsweise studiren.

Für die speciellen Ansichten der Autoren vor Hensen über die Natur der Limitans verweise ich auf diesen letzteren. Er selbst hat sich eingehender als seine Vorgänger mit ihr beschäftigt, und hat wenigstens ein Moment von Belang für die Kenntniss ihrer Entstehung und weiteren Ausbildung mit Sicherheit festzustellen vermocht. Ein zweites von ihm übersehenes hinzuzufügen bin ich selbst in der Lage.

Meine eigene Darstellung fusst besonders auf *Eledone* und *Octopus*, von denen ich Abbildungen gebe. Hinsichtlich der Untersuchung der Randparthie ist *Eledone* günstiger als *Octopus*, weil dort die Verhältnisse sich characteristischer ausprägen, als hier. Ich verweise zunächst auf Fig. 1, welche einen Dickenschnitt durch die Wand des Bulbus und die Retina in der Gegend des freien Randes der letzteren zur Darstellung bringt. Das Pigment ist extrahirt, die Kerne sind gefärbt, so dass ein freier Einblick in die Lagerungsbeziehungen möglich ist. (Den dadurch gewonnenen Vortheil wird man am besten erkennen, wenn man meine Figur mit den entsprechenden von Hensen [l. c. Taf. XV Fig. 40 von *Sepia*, Taf. XVIII Fig. 66 von *Eledone*] vergleicht, wo das Pigment noch erhalten ist.) Nähern wir uns dem freien, durch das gleich mächtige Auftreten der Stäbchenzone (*Rh.*) gekennzeichneten Rande der Retina von vorn her (in der Zeichnung von links), so sehen wir eine Schicht prismatischer Zellen (*Pig. Ep.*), die von einer darunter gelegenen, aus faserigem Bindegewebe bestehenden, Blutgefässe führenden Lage durch eine dünne Lamelle, die sich als Grenzmembran (*Gr.*) in die Retina fortsetzt, getrennt ist. Diese Zellenlage geht nach vorn über in das *Corpus epitheliale*, ehedem *C. ciliare* genannt; ihre Elemente sind gleich denen des letzteren wie der Retina Produkte des Ectoderms, das sich zur Bildung der Augenblase eingestülpt hat. Der rings um das ganze Auge zwischen Corpus epitheliale und Retina sich herumziehende Gürtel dieses Pigmentepithels wurde vielfach

früher als *Pars ciliaris retinae* bezeichnet, welche Bezeichnung beizubehalten kein Grund vorliegt. — Ich möchte noch auf den eigenthümlich unebenen, wie gezähnelten inneren freien Rand dieser Zellen aufmerksam machen, und hinzufügen, dass man wohl kaum einen Irrthum begeht, wenn man die Absonderung der den Bulbus erfüllenden Flüssigkeit auf ihre Rechnung setzt.

Näher gegen die Retina hin ändern die Zellen plötzlich ihren Character, indem sie zu dem Rande der Limitans in unverkennbare Beziehung treten (Fig. 1; *Lim. Z.*^{II}). Wie die Zeichnung deutlicher zeigt, als es durch Worte klar gemacht werden kann, ist hier eine ringförmig um den Bulbus ziehende Zone von (ebenfalls pigmentirten) Zellen so angeordnet, dass die vordere Hälfte derselben sich mehr nach hinten, die hintere dagegen sich nach vorn richtet. Ihre so convergirenden freien, d. h. gegen das Bulbuslumen gerichteten Enden werden von dem Rande der Limitans (*Lim.* Fig. 1), der sich in zwei Lippen gespalten hat, überdeckt; die eine dieser Lippen greift nach vorn über, die andere nach hinten, und letztere schiebt sich zwischen die Stäbchen und die Bulbuswand eine Strecke weit hinein. Die Lagerungsbeziehungen zwischen dieser Zellenparthie und der Limitans, die feste Vereinigung dieser letzteren mit jener, der eigenthümliche, streifig gewordene Inhalt der Zellen, und besonders noch die ebenfalls fein streifige Structur dieser benachbarten Region der Limitans selber — all das lässt den schon von Hensen (l. c. pag. 195—196) gezogenen Schluss unabweisbar erscheinen, dass diese Zellen die Bildungsstätte für die Limitans sind. Vergrössert sich während des Wachsthums das Auge und damit die Retina, so muss natürlich daran auch die Limitans participiren; und dass wenigstens der Flächenvergrösserung vom Rande her durch Apposition neuen, von diesen Zellen ausgeschiedenen Materiales genügt werden kann, braucht wohl nicht erst besonders hervorgehoben zu werden. — Hensen, der diese Betrachtungen zuerst anstellte, und dem ich völlig beipflichte, hält es auch für wahrscheinlich, dass bei diesem Wachsthum immer neue Zellen aus der unmittelbar nach vorn anstossenden Region (*Pig. Ep.* Fig. 1) in den Bildungsring mit hineingezogen werden, während nach hinten zu eine Umbildung der Elemente desselben „nach vollendeter Absonderung der Membran in Stäbchen, Stäbchenkorn und Pigment“ stattfinden dürfte. Ich selbst kann nach meinen eigenen Untersuchungen weder zu Gunsten noch zu Ungunsten dieser Vermuthung Stellung nehmen; aber wenigstens für eine der genannten Bildungen, für die Hensen'schen „Stäbchenkörner“, meine „Limitanszellen“, halte ich sie nicht nur für möglich, sondern sogar für sehr wahrscheinlich.

Nun wächst aber im wachsenden Auge die Limitans nicht nur der Fläche,

sondern auch der Dicke nach, wie ich — und zwar an *Octopus*-Augen verschiedener Grösse — beobachtet habe. Beschränkte sich das Wachsthum, resp. die durch dasselbe erforderte Ergänzung auf die Randparthie, so wäre die nothwendige Folge, dass die älteste, im Centrum der Retina gelegene Stelle (gleichmässiges Wachsthum am ganzen Umfange vorausgesetzt) die dünnste wäre und bliebe, die Limitans aber je näher dem Rande je dicker würde. Davon ergeben aber die Beobachtungen nichts, die Dicke der Membran bleibt sich überall gleich. Da man nun, wie schon Hensen ausführt, nicht wohl die der Limitans dicht anliegenden Stäbchen für diesen Zuwachs verantwortlich machen kann, so bedarf diese Erscheinung noch einer weiteren Erklärung, d. h. es müssen nothwendig ausser den an der Retinaperipherie befindlichen Bildungszellen der Limitans noch andere vorhanden sein, welche das Dickenwachsthum mit besorgen helfen; und dies um so mehr, als das Wachsthum seine Bedingungen nicht in der Membran selbst finden kann, wegen ihres — sagen wir cuticularen — Characters.

Dass ich dafür die Hensen'schen „Stäbchenkörner", deren bisherigen Namen ich in „Limitans- oder Homogenea-Zellen" umzuwandeln vorschlage, in Anspruch nehme, ist vorhin schon mehrfach angedeutet worden, und es ist nun meine Aufgabe, dafür den specielleren Nachweis zu führen. Hensen hat die „Stäbchenkörner" mit den percipirenden Elementen in Connex gebracht, und vor Allem in höchst geistreicher Weise die von jenen Körnern ausgehenden feinen Fasern, deren Entdeckung man ihm ebenfalls verdankt, neben den eigentlichen Stäbchen zur Erklärung des Mechanismus der Farbenperception zu verwerthen gesucht. Später sind diese Fasern auch von M. Schultze gesehen und in analoger Weise beschrieben worden*); wenn dieser Forscher auch hinsichtlich ihrer specielleren physiologischen Leistung sich nicht näher äussert, so geht aus dem Ganzen doch hervor, dass er in ihnen Nervenendigungen anerkennt.

Die ersten Beobachtungen, welche meine Zweifel an der Richtigkeit der Deutung dieser Fasern von Seiten meiner Vorgänger wachriefen, wurden zufällig an Dickenschnitten der Retina von *Eledone* gemacht, welchen später völlig übereinstimmende bei *Octopus* folgten. Bei beiden Gattungen erhält sich die Limitans an der gehärteten Retina in situ, so dass sie, wenn nicht zufällige Loslösung erfolgt, immer als hyaliner Saum vor den Stäbchenenden liegt. Nun ereignet es sich aber

*) M. Schultze, Die Stäbchen in der Retina der Cephalopoden und Heteropoden, in: Arch. f. mikr. Anat. Vol. V. 1869. pag. 1—24. Taf. I. II.

häufig, dass die Limitans Falten wirft, weil sie an der durch die Härtungsflüssigkeiten verursachten Gerinnung und in Folge davon entstandenen Oberflächenverringerung nicht in gleichem Masse participirt, wie die Retina selber. Eine besonders schöne Stelle, wo die Limitans sich in welligen Biegungen leicht in Falten geworfen hat, habe ich von *Octopus* in Fig. 2 gezeichnet; weniger schön, aber immerhin noch kenntlich genug, sah ich sie öfters bei *Eledone* abgehoben, etwa wie Fig. 1 (bei *Lim. F.*) zeigt. An solchen abgehobenen Stellen ist nun die Stäbchenseite der Membran (zwar nicht immer, aber doch häufig genug, um den Verdacht eines blossen Zufalls auszuschliessen) nicht einfach glatt, oder höchstens mit den Spuren der Abdrücke der Stäbchenenden versehen, sondern besetzt mit zahlreichen feinen Fäden, welche auf der einen Seite in die Substanz der Limitans übergehen', wie die schiefe streifige Zeichnung der der Grenzfläche nächstliegenden Regionen andeutet (Fig. 2), auf der andern Seite aber sich in die Lage der Stäbchen einsenken. Die Beziehungen dieser Fäden zu den Stäbchen selbst lassen sich natürlich nur sehr schwer oder gar nicht aus solchen Ansichten feststellen, namentlich dann nicht, wenn die Schnitte, wie der in Fig. 2 gezeichnete, eine relativ beträchtliche Dicke haben; es ist dann nicht möglich zu entscheiden, ob sie aus dem Innern der Stäbchen, oder zwischen denselben herauskommen. — Im Uebrigen darf wohl bemerkt werden, dass ich nicht der Erste bin, der diese Fasern gerade an dieser Stelle zu sehen bekommen hat. Schon Hensen spricht (l. c. pag. 184) gelegentlich der Zurückweisung der von Vintschgau beschriebenen, aber von Ersterem mit vollem Rechte als Kunstprodukt betrachteten Zellenlage zwischen Limitans und Stäbchenenden von „radiären Fasern, die etwa je einem Stäbchen entsprechen dürften“; er legt ihnen aber keine weitere Bedeutung bei, und scheint sie (gleich den Kugeln und Tropfen, die sich bei unzureichender Conservirung hier finden), für Kunstprodukte zu halten, für „zum Theil ausgetretene Centralmasse der Stäbchen“. — Auch Steinlin*), der in den gleichen Irrthum wie Vintschgau hinsichtlich der Zellenlage unter der Limitans verfällt, spricht von einem „sehr feinen aber kurzen Faden“, der an den isolirten vermeintlichen Zellen hängen soll; seine Abbildung (l. c. Taf. III, Fig. 28) deutet bestimmter als seine Worte darauf hin, dass es die fraglichen Fasern sind, die er zu Gesicht bekommen hat.

Beschränkten sich nun die Beobachtungen auf die hier mitgetheilten, so wäre

---

*) W. Steinlin, Beiträge zur Anatomie der Retina, in: Verhandl. der St. Gallischen naturw. Gesellschaft 1865/66. pag. 71 des Sep.-Abdr.

zwar die Möglichkeit des Ueberganges der Hensen'schen Fasern der „Stäbchenkörner“ in die Limitans wohl in's Auge zu fassen, aber für die **Wahrscheinlichkeit** eines solchen Ueberganges noch nicht das Geringste gewonnen. Dass aber **diese** Fasern, deren Beziehung zur Limitans ganz unverkennbar ist, keine **nervösen** Elemente sein können, ergiebt sich wohl von selber.

Betrachten wir nun Schnitte, wie Fig. 1 von *Eledone*, und fassen das Verhalten der sog. „Stäbchenkörner“ selbst in's Auge, so gewahren wir etwas, was an sich ebenfalls noch ohne Beweiskraft ist, aber doch jene Möglichkeit noch mehr hervortreten lässt. Von dem pigmentirten Pflasterepithel (*Pig. Ep.*), der sog. „pars ciliaris“ an sehen wir eine continuirliche Reihe von Zellkernen sich durch die Retina hinziehen; zuerst wandeln sich jene Zellen, wie wir gesehen haben, in der unmittelbaren Nähe des Randes der Retina um in die Bildungszellen des Limitans-Randes (*Lim. Z.II*), deren Kerne, wie bei jenen, in der Zellenbasis gelegen sind. Diese letztern Zellen erstrecken sich, wie aus der Zeichnung ersichtlich, noch ziemlich tief unter den Seitenrand der Retina herein, so dass ihre freien Flächen von den randständigen Stäbchen überlagert werden. Darauf folgt nun die eigentliche Retina, die sich besonders durch die in der Tiefe, ausserhalb der Grenzmembran gelegene sog. „Zellenschicht“ (*R. Z.*) characterisirt, und ein Blick auf die Figur, die allerdings nur bei mässiger Vergrösserung (der Uebersicht wegen) und nach einem nicht sehr dünnen Schnitte mit der Camera gezeichnet ist, beweist, dass innerhalb der Grenzmembran die Grenzen nicht ganz leicht zu ziehen sind. Es treten statt einer nun plötzlich zwei Zonen von Zellkernen auf, von denen die hintere der sog. „Zellenschicht“ angehört, während die vordere eine directe Fortsetzung derjenigen des Pigmentepithels etc. bildet. In der Zeichnung sieht es fast so aus, als sässe der Grenzmembran innen eine Zellenlage mit basal gelegenen Kernen auf, welche oben die Stäbchen trägt, während nach aussen eine zweite Zellenlage, die „Zellenschicht“, durch jene Membran abgetrennt wäre. Auch die andern Dickenschnitte der Tafel lassen das Bild ähnlich hervortreten, obschon sie nach stärkeren Vergrösserungen gezeichnet sind; es ist eben sehr schwer, zeichnerisch dem wahren Sachverhalt richtigen Ausdruck zu geben. — In Wahrheit verhält sich die Sache so, dass die Zellenkerne mit den anscheinenden Zellen, welche die Stäbchen tragen, nichts zu thun haben; sie liegen nur dazwischen eingestreut, und die stäbchentragenden Bildungen gehören als „Stäbchensockel“ (*Sck.*), wie ich sie nenne, zu den Retinazellen, deren Kerne ausserhalb der Grenzmembran liegen.

Es ist nicht sowohl die Configuration etc. der Zellen, zu denen die fraglichen, zwischen die Stäbchensockel eingestreuten Kerne gehören, auf die es hier ankommt,

als vielmehr die Continuität der Lagerung derselben mit den Zellen des Pigmentepithels und den Randbildungszellen der Limitans. Diese ununterbrochene Aufeinanderfolge, der Uebergang ohne eine merkliche Grenze weist jedenfalls auf die Identität der Genese hin, ohne freilich über die Function irgend welche Aufklärung zu geben. Geht es auf der einen Seite nicht an, die Unmöglichkeit der Umwandlung von sicher nicht zum Perceptionsapparat gehörigen, in der Peripherie der Retina gelegenen Elementen in bei der Perception betheiligte „Stäbchenkörner" nach ihrem Uebertritt in die Retina aus ihrer Genese darzuthun — so beweist sicher auf der andern Seite die Lage der „Stäbchenkörner" in den percipirenden Regionen der Retina an sich ebensowenig für ihre Betheiligung bei diesem Vorgange.

Was die Form dieser zelligen Elemente anbelangt, so geben uns Dickenschnitte durch die Retina darüber keine Auskunft. Dass aber von ihnen Fasern ausgehen, welche sich nach innen, gegen die Stäbchen hin, und zwischen diese hinein erstrecken, ist ein Factum, das uns durch die übereinstimmenden Untersuchungen von Hensen (l. c. p. 191) und M. Schultze (l. c. pag. 15) unzweifelhaft geworden ist; auch Steinlin (l. c. p. 73) deutet Aehnliches an. Beiden erstgenannten Forschern ist es geglückt, diese Fäden im Zusammenhang mit den sog. „Stäbchenkörnern" zu isoliren, und sie auf grössere Strecken aus der Stäbchenlage herauszuziehen. Mir selbst, der ich mich anderer Methoden zur Erhärtung etc. bediente, ist dies trotz zahlreicher Isolirungsversuche (durch Zerzupfen der Stäbchenregion) nie geglückt; ich habe aber um so weniger Grund, an der Richtigkeit jener Beobachtungen zu zweifeln, als ich mich auf anderem Wege von ihrer Correctheit und Zuverlässigkeit überzeugen konnte. — Die Zellen selbst liegen zwischen dem Pigment, das sich gerade in den Stäbchensockeln mächtig anhäuft, meist völlig versteckt. Dass sie selbst pigmenthaltig sind, ist zwar möglich; ich habe jedoch mehrfach an Schnitten, deren Pigment nicht zerstört war, ihre Kerne völlig klar erkennen können, und an solchen, die absichtlich nur etwa zur Hälfte ihres Farbstoffes beraubt wurden, gerade genügend, um einen deutlicheren Einblick in die Vertheilung des Pigmentes zu erhalten, fand ich sie völlig farblos. — Wenn Steinlin von ihnen als von „kernhaltigen Zellen mit rothgefärbtem Inhalt" spricht, so bezieht sich diese Beschreibung auf Präparate, die mehrere Tage in Oxalsäure gelegen haben, und die rothe Färbung wird deshalb höchst wahrscheinlich auf eine partielle Lösung des Pigmentes durch die Säure zurückzuführen sein; man kann hier, wie ich schon früher für Arthropodenaugen angab, das durch die Säure in Lösung übergeführte Pigment zu einer Art von „automatischen" Kernfärbung benutzen.

Um zur völligen Klarheit über diese Elemente und die auf sie zurückzuführenden Fasern zu gelangen, darf ich auf die Fig. 3 verweisen, welche ein kleines Stück eines Flächenschnittes durch die Retina, gerade in der Höhe der Stäbchensockel und der dazwischen eingestreuten Limitanszellen darstellt. Der Schnitt selbst ist nicht völlig parallel zur Grenzmembran; zur Linken, wo die durch ihre rothe Färbung hervorgehobenen Limitanszellen dichter angehäuft sind, greift er um ein Weniges tiefer als rechts, wo die Querschnitte der Sockel als polygonale Felder dominiren. Eine Vergleichung dieser Figur mit einer der vorigen wird am besten über diese Lagerungsverhältnisse orientiren.

Die Zellen selbst, der Deutlichkeit wegen nebst ihren Ausläufern roth gezeichnet, liegen zwischen den Stäbchensockeln sehr unregelmässig vertheilt; meist einzeln, zuweilen aber in Gruppen oder Nestern vereinigt, bleiben sie an Zahl hinter den Sockeln ziemlich zurück. Zwischen diesen letztern nun, besonders in den Lücken, wo mehrere Sockelquerschnitte zusammenstossen, kommen Punkte zur Beobachtung, welche durch ihre starke Lichtbrechung wie durch ihre Vertheilung auffallen (*Lim. F.*). Beim Einstellen in verschiedene Tiefen ergiebt es sich sofort, dass man es mit feinen Fasern zu thun hat, welche eine intercelluläre Lage haben. Dass diese Fasern zu den Limitanszellen gehören, d. h. als Ausläufer der Zellkörper derselben zu betrachten sind, ergiebt sich ebenfalls bei Focusänderung mit Leichtigkeit; wie auch der Umstand, dass man viel mehr Faserquerschnitte als Limitanszellen beobachtet, bald darin seine Erklärung findet, dass eine Zelle immer eine Anzahl (2—5) Ausläufer aussendet. Dies lässt sich in der Zeichnung nur ungenügend wiedergeben; an guten Präparaten aber bietet es keine Schwierigkeit, sich durch Heben und Senken des Tubus zu überzeugen, dass eine Anzahl dieser Fasern nach der Tiefe zu in eine und dieselbe Zelle zusammenlaufen.

Die Zellen selbst besitzen ausser dem Kern nur eine verschwindend geringe Menge von Zellsubstanz, die in sternförmiger Anordnung sich in die Lücken zwischen den Sockeln einpasst, und mit ihren Zipfeln sich in die Limitansfasern fortsetzt.

Damit wäre nun die Identität unserer Fasern mit den von Hensen entdeckten zwar erwiesen, aber noch nicht der Zusammenhang, resp. Uebergang derselben in die oben erwähnten, der Unterseite der Limitans anhaftenden fibrillären Bildungen. Dies kann aber erst geschehen, wenn wir die Stäbchen besprochen haben, zu denen sie auf ihrem Wege zur Limitans hin in ganz eigenartige Beziehung treten.

2. Die Retina s. str.

Dass ich darunter nur die palissadenartig nebeneinandergelagerten, in verschiedene Leibesregionen differenzirten Retinazellen verstehe, habe ich schon oben ausgeführt; ebenso die Beziehungen dieser einzelnen Regionen zu den sog. „Schichten“ meiner Vorgänger, bes. Hensen's. Nach der Differenzirung, der jede Retinazelle unterliegt, haben wir zu besprechen: a) die Stäbchen-, b) die Stäbchensockel-, c) die ausserhalb der Grenzmembran gelegene Kernregion.

Hier mag auch gleich Veranlassung genommen werden, das Wenige, was das — hier wie bei andern Thieren — zur Retina gehörige Pigment anbelangt, zu erwähnen. Zu den Angaben meiner Vorgänger über die Vertheilung desselben in der Retina bin ich neue Beobachtungen hinzuzufügen nicht in der Lage. Es ist bekannt, dass bei einigen Gattungen (*Octopus, Eledone*) eine Zone dichten, tiefschwarzen Pigmentes sich unmittelbar unter der Limitans, eine zweite nicht minder dichte sich am äussern Stäbchenende, in den Stäbchensockeln, findet, so dass also beide Stäbchenenden in Pigment eingesenkt sind. Nicht minder ist aber auch bekannt, dass bei andern Gattungen (*Sepia, Loligo*) nur die äussere Pigmentzone im Sockel der Stäbchen erhalten ist. Ebenso braucht an die feineren oder gröberen, aus Pigmentkörnchen gebildeten, die Stäbchenzone durchziehenden Streifen nur erinnert zu werden. — Hensen hat die äussere Pigmentlage noch für etwas relativ Selbständiges gehalten (l. c. pag. 190); er führt die Entstehung des Pigmentes auf die „Stäbchenkörner“ zurück, von denen er annimmt, sie hätten als Kerne ursprünglich Zellen angehört, deren Substanz in Pigment und Stäbchen zerfallen wäre. — Richtiger hat den wahren Sachverhalt Babuchin in einer ganz kurz vor der Hensen'schen erschienenen Arbeit*) erkannt; er sagt (l. c. pag. 135; vgl. auch seine Figg. II, III, IX—XI) mit vollem Rechte „dass die stäbchenähnlichen Gebilde, die Pigmentklümpchen und die Zellen, welche nach aussen liegen, ein Ganzes bilden“, d. h. also, dass das Pigment zu unsern Retinazellen gehört, im Innern derselben ausgeschieden wird und intercellulär verbleibt. — Steinlin (l. c. pag. 72) hat ebenfalls erkannt, dass „jedes Stäbchen an seinem äussern Ende mit einem ovalen, dicht pigmentirten Körperchen in Verbindung steht“; bei längere Zeit mit Reagentien behandelten Präparaten will er durch das aufgehellte Pigment hindurch sich überzeugt haben, dass diese „Körperchen“ kernhaltige Zellen sind, wobei aber ganz zweifellos (man vergl. auch seine Fig. 32

---

*) A. Babuchin, Vergleichend histologische Studien. I. Ueber den Bau der Cephalopodenretina, in: Würzbgr. Naturw. Ztschft. Bd. V. 1864. pag. 127—143. Taf. IV.

Taf. III) eine Verwechselung mit den eingestreuten Limitanszellen vorliegt — So war wenigstens die Lage des Pigmentes sowie seine Abhängigkeit erkannt worden, wenn auch noch nicht der Umstand, dass dasselbe, sowohl die innere wie die äussere Ansammlung, als Bestandtheil ein und derselben Zelle, zu der auch die Stäbchenbildung gehört, betrachtet werden muss.

a) Die Region der Stäbchen oder Rhabdome.

Es hat unter den neueren Untersuchern der Cephalopodenretina keinen gegeben, der sich nicht eingehender mit den sonderbaren Eigenthümlichkeiten gerade der Stäbchen beschäftigt hätte, und trotzdem ist eine genügende Erklärung der Anomalieen, denen man hier gegenüber der Mehrheit der Stäbchenbildungen bei andern Thieren begegnet, noch nicht gelungen. Die Frage: was darf man bei den Cephalopoden als ein Stäbchen im gewöhnlichen morphologischen, also als eine Perceptionseinheit im physiologischen Sinne bezeichnen? hat namentlich ausführlich Hensen, Babuchin und M. Schultze beschäftigt; eine völlig richtige und zutreffende Antwort darauf vermisse ich bei allen Dreien, obschon die ersten Beiden, wie ich zu zeigen haben werde, der Wahrheit näher gekommen sind, als M. Schultze. Dieser hat wohl hier, wie überhaupt bei seinen Studien über das Sehorgan bei wirbellosen Thieren, mehr der von ihm entdeckten eigenthümlichen Plättchenstructur, die er bekanntlich mit den Grundfunctionen des Perceptionsvorganges in engster Verbindung glaubte, seine Aufmerksamkeit zugewandt, und so ist es gekommen, dass er nicht nur unsere Kenntnisse über die fraglichen Eigenthümlichkeiten nicht gefördert, sondern einige geradezu fehlerhafte Auffassungen hereingetragen hat.

Betrachtet man die sog. „Stäbchen" der Cephalopoden in situ wie gewöhnlich, d. h. auf Dickenschnitten der Retina, wie sie auch meine Figg. 1, 2 zeigen (*Rh.*), so merkt man ihnen bekanntlich nicht gerade viel Besonderes an, wenn man nicht etwa ihre ungewöhnlich mächtige Entwickelung als etwas Besonderes gelten lassen will. Es scheinen einfach in die Länge gezogene Hohlcylinder, resp. Prismen zu sein, die sich dicht aneinander anlegen, und deren Hohlraum nur zum geringsten Theil von den in Fadenform aufgereihten Pigmentkörnchen erfüllt ist. Nun weiss man ja aber nur zu gut, wie sehr man Ursache hat, den durch das Mikroskop gesehenen Längsansichten zu misstrauen, wenn es gilt, aus der Betrachtung in verschiedenen Niveaux sich ein Bild des muthmasslichen Querschnittes zu construiren. Dass diese Querschnitte aber nicht ganz so einfach beschaffen sind, wie die Längsansichten vermuthen lassen, deuten schon in gewissem Masse die Isolirungsversuche an, die hier

freilich — ob man frisches oder conservirtes Material untersuche — nicht so leicht sind, wie bei den Stäbchen der meisten andern Thiere. Die Fragmente, die man aus dem innigen Zusammenhang der Elemente unter sich loslösen kann, zeigen je nach der Lage, in der sie sich präsentiren, wieder so wechselnde Ansichten, dass sie keineswegs sich so ohne weiteres in die Rubrik jener einfachen geometrischen Gebilde einreihen lassen wollen.

Hier tritt nun die Methode der Querschnitte durch die verschiedenen Höhen der Stäbchen ergänzend ein. Diese Art der Behandlung ist zwar auch schon von meinen Vorgängern ausgeübt worden, aber nicht streng und systematisch genug, um uns das volle Verständniss zu erschliessen. Solche Querschnitte aber auf die, anscheinend so einfache Verhältnisse zeigenden Längsansichten zurückzuführen, ist nicht gerade leicht, und erfordert ein längeres Studium. — Hensen sowohl, wie Babuchin und M. Schultze haben auf den zu ihren Abhandlungen gehörigen Tafeln solche Querschnitte abgebildet; auch ich bringe noch — vielleicht zum Ueberfluss — einige solche Zeichnungen (Fig. 4—7 [Fig. 4 *a*, *b* von *Eledone*, Fig. 5—7 von *Octopus*]), aus denen man leicht ersehen kann, wie trügerisch der erste Anschein war. Statt der erwarteten einfachen Cylinder- oder Prismenquerschnitte, die sich als Kreise oder Polygone zeigen müssten, sieht man meistens eine so seltsame und phantastische Mosaik, dass man beim ersten Anblick fast daran verzweifeln möchte, daraus klug zu werden; und das um so mehr, wenn man sieht, wie das Muster nicht nur in verschiedenen Gegenden desselben Auges, sondern auch in den verschiedenen Höhen desselben Schnittstückes verschieden ausfällt. So stammen z. B. die Fig. 5, 6 und 7 aus einem und demselben Auge, wovon die Muster nichts verrathen, und es wäre ein Leichtes gewesen, aus dem gleichen Material noch eine ganze Anzahl, unter sich und von den abgebildeten wieder abweichende Querschnitte zu bringen. (Ich darf wohl noch hinzufügen, dass die Zeichnungen, obwohl mit Hülfe der Abbé'schen Camera lucida entworfen, doch nicht völlig nach Wunsch die barocke Configuration der Originale erreichen; einzelne Züge liessen sich trotz aller Mühe und Sorgfalt nicht völlig correct wiedergeben.)

Versucht man, in diesem Formengewirre sich zu orientiren, so sieht man, dass allerdings prismatische Bildungen dem Ganzen zu Grunde liegen; aber sie haben eine andere als die erwartete Form, und das fast allein Constante daran ist ihre Unregelmässigkeit. Nur relativ selten finden sich Stellen, wie Fig. 5, wo annähernd die gleiche Form des Querschnittes sich wiederholt, und auch eine gewisse Regelmässigkeit der Anordnung unverkennbar ist; meist aber unterscheiden sich die einander

benachbarten Schnittflächen auf das Willkürlichste von einander. Als Grundform dürfen wir aber, wie in Fig. 5 gezeichnet, ein Prisma mit vier Kanten betrachten, dessen Grenzflächen rinnenförmig ausgehöhlt sind; diese Aushöhlung kann bald nur ganz unbedeutend, bald aber so tief sein, dass der Schnitt wie von Sternen übersäet erscheint. Ist die Vierkantigkeit auch Regel, so ist sie doch keineswegs Gesetz; 3 oder 5 kantige, resp. -strahlige Querschnitte finden sich ebenfalls, und in nicht geringer Zahl, eingestreut. Die Prismen können nun selbständig neben einander liegen, oder sie können auch durch die Kanten mit einander in Verbindung treten; dies kann so geschehen, dass man die Grenzen der einzelnen Prismen auf den Querschnitten noch deutlich erkennen kann, aber auch so, dass die Grenzen vollständig verwischt erscheinen, und in diesem Falle macht die Gesammtheit der Elemente den Eindruck, als ob sie wenigstens einen grossen Theil ihrer Länge hindurch zu einer einheitlichen, von unregelmässig geformten Canälen durchsetzten Masse vereinigt wäre. Hier (wie z. B. in Fig. 7) ist es dann besonders schwer, aus dem Gesammthabitus auf die Grundform zurückzuschliessen, um so mehr als oft genug Kanten in jene Canäle vorspringen, oder schmale Brücken von Stäbchensubstanz in ganz willkürlicher Anordnung jene Hohlräume durchziehen u. s. w.

Abgesehen von der Gesammtform zeigt aber die Fläche des einzelnen Querschnittes sich auch wieder in sehr verschiedener Art. Vielfach machen die Prismen den Eindruck, als ob sie völlig einheitlich und homogen wären; an andern Stellen aber entdeckt man mehr oder weniger deutliche Spuren einer Zusammensetzung derselben. Häufig erscheinen sie von einem engeren oder weiteren Canal durchzogen, dessen Querschnitt seinerseits wieder rundlich oder eckig sein kann. An den günstigsten Stellen endlich sieht man von den Ecken dieser Canalquerschnitte Linien nach den Prismenkanten hin verlaufen, und diese Fälle geben uns das Mittel an die Hand, die Bildungen, um die es sich hier handelt, richtig zu interpretiren.

Es zeigt sich nämlich, dass die Prismen entstanden sind durch mehr oder weniger innige Verwachsung von durchschnittlich vier Stücken; in selteneren Fällen treten nur drei, in andern aber wieder fünf solcher Stücke zusammen, um einen solchen Körper zu bilden. Damit ist aber die Frage gestellt, ob man eine solche combinirte Bildung überhaupt noch mit dem Ausdruck „Stäbchen“ belegen kann, sofern man mit diesem Worte einen bestimmteren morphologischen Begriff verbindet. Mit dem Ausdruck „Stäbchen“ (der Retina) belegt man Gebilde, deren Form allerdings nicht genau die zu sein braucht, die das Wort selbst voraussetzt; ebensowenig ist damit gesagt, dass sie so einfach sein müssten, wie diejenigen der Wirbelthiere,

die zuerst diesen Namen erhalten haben. Wir kennen ja in der That Stäbchen, die alle möglichen Gestalten annehmen, die aus 2, 3, vielleicht selbst aus noch mehr Stücken gebildet sein können, ohne dass deshalb der Name „Stäbchen" zu beanstanden wäre. Es kommt in der That weniger darauf, als vielmehr auf die Beziehungen dieser Stäbchen zu den zelligen Elementen der Retina an, mit denen sie in Verbindung stehen, und von denen sie abhängig sind hinsichtlich ihrer Entstehung. Diese genetische Abhängigkeit ist aber in allen Fällen eine solche, wie die einer Cuticularbildung (das Wort im weitesten Begriffe genommen) von ihrer zelligen Matrix. Meiner Auffassung nach darf ein solches Gebilde, mag es nun einfach oder aus mehreren Segmenten zusammengesetzt sein, dann immer als „Stäbchen" bezeichnet werden, wenn an seiner, resp. seiner Theilstücke Bildung immer nur eine und dieselbe Zelle betheiligt ist. Solche Fälle habe ich aus dem Stemma der Arthropoden beschrieben und abgebildet; so finden sich beispielsweise im Auge der ächten Spinnen und im Stemma einiger Hymenopteren zweitheilige, bei *Phalangium* dreitheilige Stäbchen. Bei den Alciopiden kennen wir, besonders durch R. Greeff*), ebenfalls zweitheilige Stäbchen, und diese Fälle dürften voraussichtlich nicht allein stehen. — Ganz anders aber verhält es sich mit denjenigen zusammengesetzten Stäbchenbildungen, die wir im Facettenauge der Insecten und Crustaceen treffen, und für welche ich den Namen „Rhabdom" vorgeschlagen habe; diese aus 4—8 (bei *Limulus* und *Cermatia* noch mehr), gewöhnlich aber aus 7 Stücken zusammengesetzten Complexe, die man früher „Sehstäbe" nannte, gehören zu ebensoviel Zellen, als Theilstücke eines Rhabdoms vorhanden sind. Aber auch im einfachen Auge der Arthropoden kommen solche Rhabdome vor, wie wir durch die Untersuchungen von V. Graber**), sowie von E. Ray Lankester und Bourne***) erfahren haben.

Mit dieser Auseinandersetzung dürfte wohl genügend hervorgehoben sein, welche Gesichtspunkte bei der Beurtheilung des morphologischen Werthes der uns hier beschäftigenden Elemente massgebend sind. Ich werde nun zu zeigen haben, dass es in der That Rhabdome sind, aber Rhabdome wieder einer ganz besonderen

*) R. Greeff, Untersuchungen über die Alciopiden. Dresden 1870. (Aus: Nov. Acta Acad. Leop.-Carol. etc. Vol. XXXIX. No. 2.)

**) V. Graber, Ueber das unicorneale Tracheaten- und speciell das Arachnoideen- und Myriapoden-Auge, in: Arch. f. mikr. Anatomie. Vol. XVII. 1880. pag. 58—94. Taf. V—VII.

***) E. Ray Lankester and A. G. Bourne, The Minute Structure of the Lateral and the Central Eyes of Scorpio and of Limulus, in: Quart. Journ. Micr. Sc. Vol. XXIII. N. Ser. pag. 177—212. Taf. X—XII.

Art, die sich von denen der Arthropoden in einem m. E. recht wesentlichen Punkte unterscheiden.

Die Entstehung dieser Rhabdome wird uns besonders klar, wenn wir Schnitte durch das äusserste Ende derselben, da wo sie an die „Sockel“ angrenzen, betrachten. Fig. 8 stellt einen solchen Schnitt dar, an dem das erste Auftreten der Stäbchenbildung über den Sockeln, sowie das Zusammentreten derselben zu den Rhabdomen angegeben ist. (Auch Fig. 4a [von *Eledone*] kann hierbei noch in Betracht gezogen werden, obschon der Schnitt etwas weiter nach innen geführt ist.) Die im Allgemeinen hier ziemlich runden Retinazellen erhalten über der Sockelregion auf ihrer Mantelfläche die characteristischen, stark lichtbrechenden Cuticularausscheidungen (*St.*), und zwar in Gestalt von zwei sich diametral gegenüberstehenden, rinnenartig geformten Auflagerungen, also auf dem Querschnitte etwa so: ( ). Nun ist die Art und Weise dieser Ausscheidungen bei den einzelnen Zellen so regulirt, dass (im Allgemeinen) die Stäbchenmassen benachbarter Zellen mit ihren convexen Flächen sich berühren, also etwa so: ( )( ). Kommen nun über und unter diesen Querschnittsbildern noch andere Zellen hinzu, deren Stäbchenmasse ebenfalls zu den ersteren derart in Beziehung tritt, dass sie sich mit der Ausscheidung derselben vereinigt, so erhalten wir dann Querschnitte, in denen sich die Stäbchenrinnen in folgender Form etwa gruppiren:)(, d. h., wir erhalten jene als Typus zu betrachtenden vierkantigen, oder besser vierflügeligen Prismen, die aus vier einzelnen rinnenförmig ausgehöhlten Stücken bestehen, welche sich mit ihren convexen Seiten zusammenlegen. Natürlich lassen sich so blos die Formen ableiten, welche wir oben als regelmässige oder typische kennen gelernt haben; aber die unregelmässigen (so dürfen wir wohl, trotz des numerischen Uebergewichts derselben über die typischen, sagen) erklären sich dann fast von selbst, und es wird blos eines Hinweises auf die Figuren bedürfen, um klar zu machen, wie durch Störungen in der Aneinanderlagerung der Stäbchenhälften die Anomalieen erzeugt werden.

Damit glaube ich nun den Nachweis geführt zu haben, dass diese „Stäbchenpalissaden“ als von einer Mehrzahl (3—5) von Retinazellen abhängige Bildungen den Grundzug ihrer Entstehung gemeinsam haben mit den Rhabdomen, wie sie sich in den Sehorganen der Arthropoden vorfinden. Allerdings beschränkt sich dieser Nachweis vorläufig auf die Gattungen *Octopus* und *Eledone*, mit denen freilich *Sepia* in allem Wesentlichen übereinstimmt; noch ist aber nicht die auf Querschnitten von *Loligo* zu beobachtende, noch complicirtere Mosaik dadurch erklärt. Ich zweifle indessen nicht, dass auch hier nur eine etwas abweichende Variation desselben Thema's zu Grunde liegt.

Indessen stehen diese Perceptionselemente doch durch eine wesentliche Eigenthümlichkeit, welche sie nicht mit den Rhabdomen der Arthropoden theilen, als Gebilde sui generis einstweilen völlig für sich da. Dies ist der Umstand, dass hier jede Retinazelle an der Bildung zweier benachbarten Rhabdome betheiligt ist, was bei den Arthropoden wohl nicht vorkommen dürfte, jedenfalls z. Z. noch nicht beobachtet ist. Wie wir daraus die Vorgänge bei der Perception uns zu denken haben, wird weiter unten noch zu erörtern sein.

Schliesslich wäre noch zu erwähnen, dass die Rhabdome nicht vollständig an die Limitans heranreichen. Sie werden (Fig. 1, 2) überragt von dem fast beutelartig gestalteten innern Ende der Retinazelle, in welchem sich, wie oben schon erwähnt, Pigment in grösserer oder geringerer Dichtigkeit anhäufen kann.

Wenn ich nun meine eigene, in Vorstehendem gegebene Darstellung und Auffassung mit denen meiner Vorgänger vergleiche, so wäre etwa Folgendes anzuführen.

Besonders eingehend hat sich mit der Configuration der Stäbchen Babuchin beschäftigt, dessen Mittheilungen uns in zwei Redactionen vorliegen. Die eine davon hat Hensen (l. c. pag. 191—193) uns in einer Uebersetzung aus dem Russischen mitgetheilt; die andere, ausführlichere, ist die schon mehrfach citirte, vom Verf. selbst deutsch niedergeschriebene in der Würzb. Zeitschrift Vol. V. — Babuchin giebt, bes. in letzterer, eine durchaus correcte Darstellung des Sachverhaltes, soweit sich derselbe an isolirten, mit ihren Stäbchensäumen versehenen Retinazellen gewinnen lässt; seine Darstellungen solcher Gebilde auf Taf. IV (Fig. III, IV, VIII—X) geben ebensowenig zu Bemerkungen meinerseits Veranlassung, wie seine Beschreibung im Texte. Dagegen finde ich die Zeichnungen der Querschnitte (Fig. V, VI) in sofern nicht mit meinen eigenen Befunden in Einklang, als daraus die von mir geschilderte Rhabdombildung nicht ersehen werden kann. Die Querschnitte der einzelnen schienenförmigen Halbstäbchen, aus deren Vereinigung jeweils die Rhabdome hervorgehen, sind in zu grosse Abstände von einander gerückt, so dass nirgends eine Berührung derselben unter sich stattfindet, und auch im Texte finde ich keine darauf bezügliche Aeusserung. Anders aber in der kurzen von Hensen reproducirten Mittheilung: in der Copie der Babuchin'schen Abbildung (l. c. Taf. XIV Fig. 28, C) sind in den Querschnitten deutlich unsere vierkantigen Rhabdome wiederzuerkennen, und auch im Texte finden sich entsprechende Andeutungen („ich bin geneigt, zu glauben, dass die beschriebenen Körper [d. h. die rinnenförmigen Stäbchenhälften] wirkliche Stöckchen sind, die besondere, im Querschnitt als Quadrate erscheinende Gruppen bilden"). Die genetischen

Beziehungen der Stäbchensäume zu den Retinazellen scheinen **Babuchin** aber entgangen zu sein.

Hensen beschreibt die einzelnen Stäbchen als „Cylinder mit einem Centralkanal"; dass der Stäbchenmantel, welcher diesen Centralkanal umschliesst, nicht eine einfache geschlossene, sondern eine aus zwei Halbcylindern entstandene Bildung ist, ist ihm in sofern nicht völlig klar geworden, als er diese Halbirung, die er wohl gesehen hat, auf eine zufällige künstliche Sprengung der leicht verletzlichen Stäbchenquerschnitte zurückführt (l. c. pag. 194), sei es, dass diese durch das Messer, oder durch die Uebertragung auf den Objectträger, oder endlich durch den Druck des Deckgläschens bewirkt werde. Völlig richtig bemerkt er aber, in Uebereinstimmung mit **Babuchin**, dass das Centrum jener vermeintlich künstlichen Vierecke der Intercellularsubstanz, die Flächen derselben aber den Wänden der resp. Stäbchen entsprechen. — **Hensen** nennt die Stäbchen Cuticularbildungen (l. c. pag. 227—228), ohne sie übrigens auf ihren richtigen Ursprung zurückführen zu können, da er sie von einer Zelle ableitet, deren Kern als „Stäbchenkorn" persistire, deren Inhalt aber in Stäbchen und Pigment zerfalle (l. c. pag. 191; vgl. auch das oben schon darüber Gesagte).

Am wenigsten glücklich war, wie schon gesagt, M. **Schultze** mit der Deutung der Mosaik der Stäbchenquerschnitte. Zwar erkannte auch er die halbmondförmigen Querschnitte der Stäbchenhälften, und daraus liess er durch Verwachsung der beiden Rinnen einen Hohlcylinder hervorgehen. Anders aber bei *Octopus*: hier sollte aus einem solchen Querschnitt-Halbmond „ein Hufeisen, ein Halbring, ein winklig gebogener Körper, endlich ein vierkantiger Stab mit einem Centralkanal" (l. c. pag. 11) sich hervorbilden können. Er verfolgt dann sehr eingehend die weiteren Umbildungen beim Zusammentreten dieser Stäbchen mit ihren vielgestaltigen Verwachsungserscheinungen; ich kann ihm jedoch hier nicht in's Einzelne folgen, sondern muss mich mit der Bemerkung begnügen, dass das Ganze, trotz des Anschaulichen und Ueberzeugenden der Darstellung, dennoch auf thatsächliche Richtigkeit keinen Anspruch erheben kann. Die Zusammensetzung der Prismen, und das ist eben das Wesentliche, blieb ihm unbekannt.

Nun dürfte es aber wieder am Platze sein, uns nach den von den Limitanszellen ausgehenden Fasern umzusehen, die wir oben gerade da verlassen haben, wo sie im Begriffe standen, in die Stäbchenlage einzutreten. Wir haben uns noch zu vergewissern, dass sie mit den an der Unterseite der Limitans beobachteten Fasern identisch sind, wozu uns die Querschnitte durch die Region der Rhabdome die Mittel an die Hand zu geben am besten geeignet sind.

Wir haben oben gesehen, dass auf Querschnitten durch die Sockelregion die Limitansfasern zwischen den Polygonen der Zellen, besonders in den Räumen zwischen den zusammenstossenden Ecken, sich finden (Fig. 3). Ueber den Sockeln beginnt nun in der geschilderten Weise die Ausscheidung der Stäbchenmasse. Solange die einzelnen Componenten der Rhabdome noch isolirt sind, lassen sich die Faserquerschnitte mit grösster Leichtigkeit zwischen ihnen nachweisen, und aus Fig. 8 erkennt man ihre gegenseitigen Lagerungsbeziehungen. — Gelangen wir nun noch weiter nach innen, so verstärken sich die einzelnen Stäbchensäume und treten zu Rhabdomen zusammen, und als nothwendige Consequenz dieses Verschmelzungsprocesses ergiebt sich der Einschluss der Fasern in das Innere der Rhabdome. In Fig. 8 erkennt man den beginnenden Einschluss zunächst an der Lage der Fasern zwischen den noch discreten Stäbchensäumen, die sich schon zu Rhabdomen zu gruppiren beginnen; noch deutlicher aber geht der Vorgang hervor aus Fig. 4^{a} (von *Eledone*), wo der Schnitt zwar immer noch wenig über den Sockeln geführt ist, aber doch schon zu Rhabdomen verschmolzene Stäbchengruppen getroffen hat. Noch weiter nach innen nimmt die characteristische Ausbildung der Rhabdome stetig zu, und wir haben gesehen, dass diese soweit gehen kann, dass eine Grenze zwischen den einzelnen Componenten derselben gar nicht mehr zur Beobachtung gelangt. Wo nun die Limitansfasern im Innern von Rhabdomen verlaufen, deren Stäbchenantheile sich nicht ohne Grenze mit einander vereinigt haben, wo die ersteren also noch von einer schwächer lichtbrechenden Umgebung sich abheben (der Intercellularsubstanz), da kann man sie noch häufig genug in den Rhabdomen mit leidlicher Sicherheit auffinden, und sich selbst überzeugen, dass gewöhnlich zwei, seltener nur eine einzige Faser dem Einschluss unterworfen worden ist. Ich habe dies Verhalten in Fig. 4^{b}, von *Eledone* wiederzugeben versucht, freilich ohne die Details der Rhabdomquerschnitte in der Umgebung der Fasern bei der Kleinheit des Massstabes gehörig berücksichtigen zu können. — Das sind noch relativ günstige Bedingungen, die aber für die Mehrzahl der Fälle nicht mehr zutreffen, namentlich aber dann nicht, wenn der axiale Raum der Rhabdome durch das compacte Zusammenwachsen der Elemente der letzteren zum Verschwinden gebracht wird. Dann sind die an sich schon ziemlich stark lichtbrechenden Fasern von einer Hülle von annähernd gleichem Brechungsindex umgeben, und verschwinden damit bei ihren ohnehin so geringfügigen Dimensionen so gut wie ganz für das Auge. Wohl sieht man noch hier und da Punkte, die auf sie noch allenfalls bezogen werden könnten, aber bei der Unmöglichkeit zu entscheiden, ob jene winzigen Kreischen nicht zufällige Lücken, Canälchen oder

blosse Körnchen sind, dürfte es rathsam sein, mit bestimmten Deutungen möglichst zurückzuhalten. — Bei Schnitten noch weiter nach innen, gegen die Limitans hin, wiederholen sich im Allgemeinen die Bilder vom äussern Ende; die Rhabdome lockern sich wieder, ihre Componenten treten deutlicher als solche auf, und zwischen ihnen kommen die Fasern gewöhnlich mit voller Deutlichkeit wieder als solche zur Beobachtung.

Hiermit glaube ich mit der hier überhaupt möglichen Sicherheit den Nachweis erbracht zu haben, dass die einerseits mit der Limitans in Verbindung stehenden, andererseits von den Limitanszellen ausgehenden Fasern identische Bildungen sind. Wir haben hier ein höchst eigenthümliches Beispiel des Faserverlaufes vor uns, welches Denen, die sich überhaupt mit der Frage der Nervenendigungen, besonders im Gebiete der höhern Sinnesorgane beschäftigen, sehr lehrreich sein kann. In einem Complex so eigenthümlich differenzirter Elemente, wie die der Retina sind, ziehen mitten durch die Theile derselben, welchen man bei dem Vorgange der Perception eine besonders wichtige Rolle zuweist, und zwar im allerinnigsten Connex mit der Substanz dieser Theile Fasern von ungewöhnlicher Feinheit — ist es da ein Wunder, wenn man letztere, wie Hensen gethan hat, als Nervenendigungen in Anspruch nimmt? Und doch kann nach meinen Untersuchungen davon keine Rede mehr sein; sie erweisen sich durch ihren Zusammenhang, durch ihren Uebergang in die mit einer Sinneswahrnehmung irgend welcher Art sicher nicht betraute Limitans als Elemente ganz anderer Dignität, sie sind lediglich Ausläufer von Zellen, welche in ihnen das Material zur Vergrösserung, resp. Verdickung der Limitans produciren. Die Limitanszellen mit diesen feinen Ausläufern verhalten sich zur Limitans selbst ganz ähnlich, wie die Zellen des *Corpus epitheliale s. ciliare* mit ihren Ausläufern zur Linse; in beiden Fällen haben wir es mit Einrichtungen zu thun, bei welchen die mit dem Ausbau bestimmter Gebilde (Linse, Limitans) betrauten Elemente in relativ ansehnlicher Distanz von ihnen ihre vitalen Thätigkeiten ausüben, durch welche jene existiren und sich vergrössern. Sollte diese Uebereinstimmung in der Genese der Linse und der Limitans gerade da eine blosse sog. Zufälligkeit sein, wo die zu beiden gehörigen zelligen Elemente, trotz aller Verschiedenheit in Form und Lage ein und denselben Ausgangspunkt, das zu einer Blase eingestülpte Ectoderm haben?

Zum Schlusse will ich noch bemerken, dass ich die von M. Schultze so eingehend behandelte Plättchenstructur der Stäbchen, resp. Rhabdome, als ausserhalb meines Programmes stehend nicht weiter controlirt habe.

b) Die Region der Stäbchensockel.

Die so von mir bezeichnete Retinaregion (*Sck.* der Figg.) nimmt von allen dreien derselben den geringsten Raum in Anspruch, da sie nur den zwischen den äussern Enden der Rhabdome und der Grenzmembran gelegenen Theil der Retinazellen umfasst.

Die Stäbchensockel stellen so eigenthümlich modificirte Abschnitte der Retinazellen dar, dass es wohl gestattet ist, sie besonders zu behandeln, und mit einem eigenen Namen zu belegen. In ihnen lagert sich vornehmlich das Pigment ab, und an nicht entfärbten Schnitten ist es schwer oder selbst unmöglich, etwas über ihre nähern Beziehungen zu den benachbarten Theilen der Retina in Erfahrung zu bringen. An entfärbten Präparaten (Fig. 1, 2, 9) stellen sie sich als leicht granulirte, gegen die Grenzmembran hin sich verjüngende Zellenabschnitte dar; am schlanksten fand ich sie von meinem Untersuchungsmaterial bei *Sepia* (Fig. 9), wo sie fast spindelförmig erscheinen; mehr einfach kegelförmig bei *Octopus* (Fig. 2) und bei *Eledone* (Fig. 1). Bieten so die Längsansichten bei flüchtiger Betrachtung nichts von besonderem Interesse, so treten doch auf Querschnitten noch einige kleine Besonderheiten auf, die in der Figur 3 unter *Sm.* angegeben sind. Von den Zellen zeigen nämlich viele einen eigenthümlichen cuticularen Saum, den man leicht mit einer Hälfte der Stäbchenausscheidung verwechseln könnte, mit der er in der That eine grosse Aehnlichkeit besitzt, sowohl hinsichtlich der Transparenz als der starken Lichtbrechung. Indessen beschränkt sich dieser Sockelmantel, wie wir ihn nennen wollen, auf die der Grenzmembram nähere Hälfte, und ist bei *Octopus*, auf welche Gattung sich die Figur bezieht, immer nur einseitig angelegt, so dass an eine nähere Beziehung zu den Stäbchen nicht wohl gedacht werden kann. Auf Längsansichten sind diese Säume weit schwieriger, und nur in ihren Profilansichten zu erkennen; sie präsentiren sich dann etwa so, wie sie in Fig. 2 angegeben sind, als eigenthümliche, anscheinend der Grenzmembran aufsitzende Strichelchen. — Aehnlich entwickelt, aber recht schwierig wahrzunehmen, finde ich sie bei *Eledone.* Hier bilden sie — wenigstens in den mittleren Parthieen der Retina — um die an der Grenzmembran stark eingeschnürte Basis der Sockel Hüllen, welche, wenn ich mich nicht getäuscht habe, um den ganzen Umfang derselben herumlaufen. — Wieder etwas anders verhalten sich die Dinge bei *Sepia* (Fig. 9): die untere, dünnere Hälfte des Sockels sieht aus, als wäre sie von einem aus feinsten Stäbchen gebildeten Gitterchen umschlossen, das wohl als eine ähnliche Bildung wie die vorigen aufzufassen ist. Ausserdem sah ich hier öfters bei sehr starken Vergrösserungen, besonders deutlich bei Anwendung schiefen

Lichtes, die andere Hälfte des Sockels auf's Zarteste längsgestreift; diese Streifung machte aber beim Wechsel der Focaleinstellung durchaus den Eindruck einer lediglich auf die Oberfläche beschränkten.

Hinsichtlich der functionellen Bedeutung der hier zum ersten Male beschriebenen Bildungen steht mir kein Urtheil zu; in morphologischer Hinsicht kann es wohl keinem Zweifel unterliegen, dass wir es hier ebensowohl mit Cuticularbildungen zu thun haben, wie bei den Stäbchen und den gleich zu besprechenden mantelartigen Hüllen der ausserhalb der Grenzmembran gelegenen Zellenkörper.

c) Die kernführende Region der Retinazellen

lässt sich ebenfalls mit wenigen Bemerkungen characterisiren. Der ausserhalb der Grenzmembran gelegene Theil der Retina besteht, wie besonders aus Fig. 9 (*R. Z.*) ersichtlich ist, bei allen mir bekannt gewordenen Cephalopoden aus verschieden langgezogenen, nach aussen gegen die Nervenfasern hin sich mehr oder weniger rasch zuspitzenden Zellenleibern, die je nach Umständen vor, in oder hinter der Mitte den characteristischen, zur Retinazelle in toto (also bis an's innere Stäbchenende hin gerechnet) gehörigen Zellenkern tragen. Von einer relativ schmalen Randzone der Retina abgesehen stehen sie überall ziemlich senkrecht zur Grenzmembran, nur ihr äusseres Ende macht gewöhnlich eine der Nervenausstrahlung entsprechende leichte Biegung. In der Nähe der Grenzmembran werden sie häufig von Capillaren in der regelmässigen Anordnung alterirt; im Uebrigen wird ihre Lagerung durch das gröbere oder feinere Balkennetz fixirt.

Ganz so einfach, wie Längenansichten sie erscheinen lassen, sind diese Abschnitte der Retinazellen übrigens doch nicht; darüber belehren uns Querschnitte, die aber nicht leicht zu interpretiren sind. Schon die ersteren zeigen bald an dieser, bald an jener Zelle einen besonders stark ausgeprägten Contour, und die Querschnitte zeigen uns, dass derselbe (analog wie beim Stäbchensockel) auf eine mantelartig die Zelle umhüllende Absonderung zurückzuführen ist, welche durch ihren starken Brechungsindex sich sehr merklich von dem schwächer lichtbrechenden, mässig granulirten Zellenplasma abhebt. Indessen bleiben hier noch eine Reihe von Punkten, die mir freilich nur untergeordneter Natur erscheinen, aufzuklären, da das mir zu Gebote stehende Material wie meine optischen Hülfsmittel nicht genügten, alle diese Fragen zu erledigen. — Die Schnitte durch diese Abschnitte der Retinazellen, welche ich von *Octopus, Eledone* und *Sepia* untersuchte, zeigen trotz aller Verschiedenheiten in den differenten Höhen gewisse gemeinsame Grundzüge, von denen ich freilich

vermuthen muss, dass sie theilweise als Kunstprodukte, d. h. als durch die Erhärtungsflüssigkeiten hervorgerufen zu betrachten sind. Am meisten Schwierigkeiten verursachen die Schnitte zwischen Grenzmembran und Kern, und es gehört einige Anstrengung dazu sich zu überzeugen, dass die Bilder wirklich auf diese Zellen und nicht auf ganz andere Elemente zurückzuführen sind. Die Schnittflächen präsentiren sich nämlich als äusserst unregelmässig im Umriss (Fig. 10), selten rundlich, meist von den willkürlichsten Formen, zwei oder dreispitzig, mit einspringenden Winkeln etc. etc., kurz, ganz anders, als die relativ einfache Gestaltung der Längsansicht erwarten lässt. Vor Allem sind es die stark lichtbrechenden Säume, welche das Bild verwirren und zu einem schwer verständlichen machen. Glaubt man an einigen Orten sich bestimmt davon überzeugt zu haben, dass sie lediglich als Oberflächenbildungen die Zellen umhüllen, so machen sie an andern Stellen wieder den Eindruck, als ob sie von der Oberfläche sich losgelöst hätten, um sich im Innern des Zellenkörpers auszubreiten; erscheinen sie hier als in sich geschlossene, also den Zellenumfang völlig einschliessende Ringe, so treten sie dort wieder anscheinend als unvollständige, nur die Hälfte oder mehr der Oberfläche umgebende Hüllen auf u. s. f. Dabei lässt jede Focusveränderung an ein und demselben Zellenquerschnitt ganz andere Ansichten hervortreten, die übrigens fast immer den Eindruck machen, als wäre die Aenderung des Habitus zurückzuführen auf eine mehr oder weniger starke Torsion der Zelle um ihre Längsaxe. Wenn diese wechselnden Erscheinungen auf eine Schrumpfung des Zelleninhaltes zurückzuführen sind, wie ich vermuthe, so erscheint es als etwas Natürliches, dass in der Gegend des resistenteren Kernes das Bild sich einfacher gestaltet, weil er von innen dieser Schrumpfung einen gewissen Widerstand entgegensetzt, und sie dadurch innerhalb mässiger Grenzen hält. Hier gestaltet sich demgemäss der Umriss wesentlich einfacher: im Innern der Zelle der Kern, umgeben von einer meist recht dünnen Schicht granulirten Protoplasma's, und diese wieder eingefasst von dem characteristischen Randsaume. Aber selbst hier ist die Frage, ob derselbe eine überall geschlossene, oder eine, wenn ich so sagen darf, seitlich aufgeschlitzte Röhre darstellt, für mich nicht mit Sicherheit zu entscheiden gewesen. Immerhin dürfte es wohl nicht weit von der Wahrheit abliegen, wenn wir sagen, dass die Retinazellen in ihrem ausserhalb von der Grenzmembran gelegenen Abschnitt von einem durchsichtigen, stark lichtbrechenden und relativ dicken cuticularen Mantel ganz oder doch grösstentheils überzogen sind, welcher zwischen Kern und Grenzmembran, und zwar wahrscheinlich durch den Einfluss der conservirenden Reagentien, eine ausgesprochene Neigung zeigt, sich in longitudinale oder spiralig

die Zelle umziehende, auch völlig wie zerknittert aussehende Falten zu legen. — Dass dieser eigenthümliche Mantel mit dem vorher schon bei den Sockeln beschriebenen gewisse Analogieen zeigt, braucht wohl nicht erst besonders hervorgehoben zu werden. Ob der Mantel der Sockelregion aber getrennt von dem der Kernregion sich anlegt, oder nur einen besonders stark entwickelten Spross desselben bildet, das kann ich nicht entscheiden.

Den frühern Untersuchern unseres Gegenstandes scheinen auch diese Eigenthümlichkeiten des Objectes entgangen zu sein.

Der Uebergang des Stäbchensockels in den kernführenden Abschnitt der Retinazelle ist selbstverständlich ein ganz unmittelbarer, wie nicht nur glückliche Zerzupfungspräparate, sondern auch genügend feine Schnitte (Fig. 9) zur Evidenz darthun. Häufig sieht man dabei an der Stelle, wo der kernführende Zellentheil an die Grenzmembran anstösst, eine sohlenartige Verbreiterung desselben, aus welcher sich scharf abgesetzt durch den feinen Porus der Membran der schlanke Stiel des Sockels erhebt. Diese Einschnürung der Zelle, welche durch die Grenzmembran erzeugt wird, erklärt die Leichtigkeit der Trennung in ein vermeintliches inneres und äusseres Blatt der Retina um so leichter, als ja die innerhalb der Grenzmembran gelegenen Zellenabschnitte durch die Verkittung der Einzelstäbchen zu Rhabdomen noch obendrein unter sich in einem festeren Zusammenhang stehen, der die Trennung in der Richtung senkrecht auf die Stäbchen erschwert, hingegen die in der Richtung der Stäbchen an der verjüngten Stelle erleichtert.

3. Die Nervenfasern der Retina.

Diese treten von aussen herein als Aeste, welche sich von den Eintrittsstellen der zahlreichen kleinen Nervi optici aus radiär verbreiten unter steter Verzweigung (Fig. 9), bis schliesslich einzelne Nervenfasern zu den zugespitzten Aussenenden der Retinazellen herantreten, um sich mit ihnen zu vereinigen.

Diese so einfache und naturgemässe Art der Verbindung der Nervenfasern mit den Retinazellen ist übrigens doch nicht ganz leicht zu constatiren. Am deutlichsten habe ich sie von den wenigen von mir untersuchten Gattungen bei *Sepia* gesehen; die Fasern zeigen sich hier etwas markirter als bei *Eledone* und *Octopus*, so dass ihr Zusammenhang mit den äussern Zellenenden sich hier leichter auffinden lässt als dort. Es sind dabei Schnitte in radiärer Richtung besonders zu empfehlen, weil man bei dem radiären Faserverlauf auf diesen mehr Chancen hat, die einzelnen Fasern eine Strecke weit verfolgen zu können, und weil wenigstens in den mehr

dem Rande genäherten Parthieen der Retina, wo die Zellen auch nicht so dicht gedrängt vorkommen, auch die Aussenenden der Zellen sich gegen das Retinacentrum hinrichten. Wie demnach leicht zu begreifen, geben Schnitte senkrecht auf den Faserverlauf schwerlich Auskunft über den gesuchten Zusammenhang. Trotz alledem ist es auch bei den günstigsten Bedingungen nicht so leicht, wie man erwarten sollte, die sich in dem Gewirr des hier stark entwickelten feinen Reticulum, sowie zwischen den wohl durch Gerinnung entstandenen feinkörnigen Niederschlägen hindurchziehenden isolirten Nervenfasern bis zu ihren Enden in den Retinazellen zu verfolgen.

Am meisten schliesse ich mich hinsichtlich dieses Punktes an Babuchin an, der (l. c. pag. 135, Fig. IX, X) den Uebergang des äussern Zellenendes in feine, sich in die Nervenfaserschicht verlierende Fasern beschreibt und abbildet. — Nach Hensen ist die Sache weit complicirter (l. c. pag. 196—201), da, wenn ich ihn richtig verstehe, Nervenfasern zwischen den Zellen hindurch sich mit den „Stäbchenkörnern" (Limitanszellen) in Verbindung setzen sollen, während die Retinazellen an ihrem äussern Ende selbst wieder mit mehreren, nach verschiedenen Seiten hin divergirenden Fasern im Connex ständen etc., was ihm Veranlassung zu einem sehr scharfsinnigen Excurs über die wahrscheinliche oder doch mögliche physiologische Tragweite dieser Einrichtung giebt. Auf diesen meiner unmittelbaren Aufgabe fremden Boden kann und will ich ihm um so weniger folgen, als meine eigenen Untersuchungen von den seinigen so weit abweichen. — Auch M. Schultze will sich an frischem Material durch eine „sehr glückliche Maceration" überzeugt haben, dass das Aussenende der Retinazellen sich in ein „Bündel variköser Fäserchen von äusserster Zartheit und Vergänglichkeit" auflöse, die sich im Gewirr der Nervenfaserschicht verlieren sollen (l. c. pag. 9—10, Fig. 10, 11).

4. Die Beziehungen der Nerven zu den Rhabdomen.

Zum Schlusse der Uebersicht über den Bau der Retina der Cephalopoden bleibt nun blos noch übrig darzuthun, wie die Nervenendigungen durch die Vermittelung der Retinazellen mit den Rhabdomen in nähere Beziehung treten.

Die hier zu erwähnenden Thatsachen sind sehr schwierig zu constatiren; ich habe sie bis jetzt blos bei *Octopus*, und von dem sämmtlichen dieser Gattung entnommenen Material nur an einem einzigen Auge, hier aber — wenigstens in gewissen Regionen — mit einer solchen Klarheit und Deutlichkeit ausgebildet erkennen können, dass mir jeder Zweifel daran ausgeschlossen erscheint.

Es handelt sich hier, um das Wesentlichste gleich vorauszuschicken, um

höchst zarte Fasern, welche von den Eintrittsstellen der Nervenfasern in die Retinazellen ausgehend durch die letzteren bis gegen die Limitans hin in die Höhe steigen, um innerhalb der Stäbchenregion, aber zwischen den Rhabdomen, zu enden. Sind diese Fasern überhaupt erhalten, so hat man zwischen den Rhabdomen, dann in den Sockeln am meisten Aussicht, ihnen zu begegnen; hingegen ist es nach meinen Erfahrungen mit besonderen Schwierigkeiten verknüpft, ihre Fortsetzung von da aus durch den ausserhalb der Grenzmembran gelegenen Abschnitt der Retinazellen zu verfolgen. Was ich von ihnen überhaupt zu sehen bekam, erkannte ich blos auf Flächenschnitten durch die verschiedenen Regionen.

In der schon mehrfach citirten Fig. 3 habe ich das Verhalten dieser Fasern in den Stäbchensockeln angegeben (*N. F.*). In den Querschnitten durch die Sockel erblickt man in meinen Präparaten, in jedem Felde ausnahmslos, fast immer im Centrum desselben, einen stark lichtbrechenden Punkt, der sich von der leichten Granulirung des sonstigen Inhaltes sofort auf's Deutlichste abhebt, und beim Heben und Senken des Tubus sich als eine axiale Faser ausweist. Diese Fasern stimmen in der Stärke und dem allgemeinen Habitus völlig mit den Limitansfasern überein, unterscheiden sich aber durch ihre intracelluläre Lage natürlich absolut von jenen, die ja intercellulär gelegen sind. Will man ihre Fortsetzung in die Region der Rhabdome hinein verfolgen, so bestimmt eben diese intracelluläre Lage den Ort, wo man sie (auf den Querschnitten) zu suchen hat: sie müssen zwischen den Rhabdomen zum Vorschein kommen. Und hier lassen sie sich in der That denn auch nachweisen, wenn auch keineswegs überall. Ich habe Präparate, wo sie in jedem der Zwischenräume zwischen den Rhabdomen, durch das ganze Gesichtsfeld hindurch, mit grösster Deutlichkeit aufzufinden sind (wie in Fig. 6), während sie an andern Stellen mehr vereinzelt oder gar nicht mehr auftreten. Bei *Eledone* und *Sepia* kenne ich sie überhaupt nur aus der Region der Rhabdome; in den Sockeln derselben waren sie bei meinem Materiale nicht mehr nachzuweisen. Ich werde wohl schwerlich einen Irrthum begehen, wenn ich annehme, dass diese Fasern bei allen gewöhnlichen Cephalopoden in der von *Octopus* beschriebenen Form vorkommen, dass aber ihre Erhaltung sehr schwierig und von Bedingungen abhängig ist, die sich bis jetzt unserer Kenntniss entziehen. Wie launenhaft diese Erhaltungsbedingungen sind, mag daraus ersehen werden, dass jene Fasern an gewissen Stellen blos in den Sockeln, aber nicht in der Stäbchenregion, an andern aber nur in den Rhabdomen, aber nicht in den Sockeln, und nur ganz vereinzelt in beiden zugleich erkannt werden konnten.

Dass diese Fasern während ihres Verlaufes zwischen den Rhabdomen nirgends

mit diesen selbst in nähere Verbindung treten, wenigstens nicht, soweit sie verfolgt werden konnten — und das war, wie gesagt, bis dicht an die Limitans heran — erscheint nicht ohne Interesse. Ihre im Ganzen ziemlich axiale Lage in den Lücken zwischen den Rhabdomen scheinen sie besonderen Einrichtungen zu verdanken. An Stellen von besonders guter Erhaltung nämlich sieht man von den punktförmigen Faserquerschnitten 2—3 feinste Linien radiär abgehen (vgl. Fig. 6), die bei Focusveränderungen den Eindruck machen, als wären es Schnitte durch Membranen von ganz ausserordentlicher Zartheit, dazu bestimmt, die Fasern in ihrer Lage zu fixiren. Ich gebe diese Deutung selbstverständlich mit aller in solchen Fällen, wo es sich um Dinge an der äussersten Grenze der Wahrnehmbarkeit handelt, gebotenen Reserve. Im Uebrigen fallen gerade in dieser Gegend nach der Zerstörung des Pigmentes die sonst so störenden Granulationen etc. hinweg, so dass, die Erhaltung der Fasern überhaupt vorausgesetzt, ihr Nachweis an sich relativ leicht ist.

Bei der Verfolgung dieser Fasern in den ausserhalb der Grenzmembran gelegenen Theil der Retinazellen gestaltet sich die Sache noch weit schwieriger, vor Allem durch die oben geschilderten Verhältnisse der mantelartigen Hülle um den Zellenkörper. Durch die seltsame Configuration der Zellenquerschnitte wird das Auffinden der winzigen Fäserchen so ausserordentlich erschwert, dass man nur höchst selten mehr als blosse Andeutungen von ihrem Vorhandensein zu erhalten erwarten darf. Prüft man Hunderte solcher Schnitte mit ausdauernder Geduld und allen Vorsichtsmassregeln, so gelingt es wohl ab und zu, namentlich dicht an der Grenzmembran, einen oder den andern zu finden, in welchem sich ein Punkt von auffallender Lichtbrechung bei veränderter Focaleinstellung als die Fortsetzung der Faser auszuweisen scheint; bei der Seltenheit derartiger Funde, bei den nicht ausser Betracht zu lassenden zahlreichen Möglichkeiten objectiver wie subjectiver Täuschungen kann aber von einem strengen Nachweis nicht gut die Rede sein, wenn man gewissenhaft sein will. Ich kann deshalb nicht mehr als meine individuelle Ansicht, über deren Werth ich natürlich einem Jeden freistellen muss, zu denken was er will, dahin aussprechen, dass ich glaube, die Faser setze sich auch durch den äussern Theil des Zellenleibes bis zur eintretenden Nervenfaser hindurch fort, sei also als deren letzte und feinste Endigung zu betrachten. Längenansichten führen, beilaufig bemerkt, nach meinen Erfahrungen hier zu keinen bessern Resultaten; meine Bemühungen, mit den mir zu Gebote stehenden optischen etc. Hülfsmitteln auf diesem Wege mich über den Verlauf der Fasern zu vergewissern, blieben ohne Erfolg. Dies ist freilich bei der Beschaffenheit der Fasern selbst, wie ihrer unmittelbaren Umgebung in dieser Region

nur zu natürlich, und in solchen Fällen wird ein Kundiger negativen Resultaten auch keine Beweiskraft im negativen Sinne vindiciren wollen.

Um die Art und Weise der Nervenendigung in der Retina bei den verschiedenen Augenformen des Thierreichs hat sich lange der Streit gedreht, und dreht sich z. Th. noch heute. Bekanntlich hat es lange Zeit als ein „physiologisches Postulat“ gegolten, den unmittelbaren Zusammenhang zwischen Stäbchensubstanz und Nervenfaser nachzuweisen; eine plausible Erklärung der specifischen Erregung der Sehnervenfasern durch die Lichtschwingungen schien manchem sonst vorsichtigen Forscher ohne diesen Nachweis nicht möglich. Es liegt natürlich nicht in dem Rahmen unseres Thema's, hier zu erörtern, ob der physiologisch-psychologischen Analyse der subjectiven Lichtempfindung, verursacht durch den bewegten Aether, Vorschub geleistet würde durch den gewünschten Nachweis; wohl aber dürfte ein entschiedener Protest gegen ein in solcher Weise formulirtes „Postulat“ als eines durchaus unzulässigen am Platze sein. Ganz abgesehen von dem Einfluss, den es auf die Unbefangenheit des anatomischen Forschers ausgeübt hat, der sich zuweilen recht fühlbar beeilte, demselben gerecht zu werden, und fand, was von ihm verlangt wurde, ist es auch formell ganz unrichtig gefasst, wovon freilich die anatomische Forschung selbst den grössten Theil der Schuld auf sich nehmen muss. Acceptabel wäre es nur, wenn es etwa lautete, dass als erste Voraussetzung des Versuches einer physiologischen Behandlung des Problems der Nachweis der Continuität von den lichtempfangenden Endorganen zu den reizleitenden Nervenelementen gefordert werden müsse, da gegenüber einer Discontinuität die Methoden und Hülfsmittel der Physiologie versagen. Darin lag aber gerade das vorhin angedeutete Verschulden von Seiten der anatomischen Forschung: so lange sie das „Stäbchen“, das anerkannte percipirende, d. h. lichtempfangende Element als ein Gebilde sui generis, als etwas Selbständiges betrachtete, musste jene Forderung die besagte Form annehmen. Nun ist aber im Allgemeinen die Natur jener so weit verbreiteten „Stäbchen“ dahin aufgehellt, dass dieselben, soweit man sehen kann, überall als von besondern Zellen nach Art der Cuticulae abhängige Bildungen auftreten, und nicht minder ist fast allenthalben der Nachweis der Verbindung dieser Zellen mit Nervenfasern gelungen — also ist eine Continuität zwischen Stäbchen und Nervenfaser zwar nachgewiesen, aber statt der ursprünglich postulirten directen nur eine indirecte. Mit dieser aber hat für's Erste die Erklärung der physiologischen Vorgänge sich in's Reine zu setzen. Im Uebrigen gehört die hier dargestellte Form der Nervenendigung zu den noch immer sehr seltenen (wenn wir nur die wohl beglaubigten berücksichtigen), bei welchen die

Faser als solche die Retinazelle in dem weitaus grössten Theil ihrer Erstreckung durchsetzt*), um in relativ sehr geringfügige Distanz von der Stäbchenmasse zu gelangen, durch deren Zustandsveränderung in Folge der Lichtwirkung eine Veränderung ihres eigenen Zustandes in Gestalt eines Lichtreizes — natürlich durch Uebertragung vermittelst der dazwischenliegenden Substanz der Retinazelle — ausgelöst wird.

Sehen wir nun zu, wie meine Vorgänger die Frage der Nervenendigung aufgefasst haben, so ist zuerst zu bemerken, dass die fraglichen Fasern nicht von mir zum ersten Male gesehen wurden. Sie wurden aber mit den von mir als Limitansfasern bezeichneten verwechselt, was bei der Entwickelung beider innerhalb der gleichen Zone der Retina kein Wunder ist. Wie oben schon ausgeführt, wurden die Limitansfasern von Hensen wie später von M. Schultze durch Isolirung aufgefunden, also auf Längsansichten zur Darstellung gebracht: nun gelang es auch zuweilen, auf Querschnitten durch die Stäbchenregion Fasern zu sehen, und so ist es sehr begreiflich, dass man die letzteren auf die ersteren zurückführte.

Hensen sagt (l. c. pag. 197): „Ueber die Lage der Fäden (d. h. unserer Limitansfasern) ist nun soviel mit Sicherheit zu sagen, dass sehr viele von ihnen im Canal der Stäbchen liegen. Man sieht dies nicht nur evident an solchen Präparaten, wie die Fig. 57 *B, C* uns wiedergiebt, sondern auch an Querschnitten erkennt man bei genauerem Zusehen häufig genug die Fäden im Durchschnitt. Es wäre aber möglich, dass auch zwischen die Stäbchen Fäden und Pigment hineinginge. Beim Zerreissen eines Schnittes sieht man häufig genug freie Fäden den Stäbchen anliegen, aber wir haben gesehen, dass die Stäbchen selbst sich leicht spalten. Ich glaube eigentlich nicht, dass auch zwischen den Stäbchen Fäden liegen. Jedenfalls ist klar, dass an beiden Orten die Fäden in sehr inniger Berührung mit der Stäbchenschicht sich finden". Dabei darf wohl nochmals daran erinnert werden, dass Hensen die Stäbchen als Cylinder mit einem Centralcanal, unsere Rhabdome aber als durch Sprengung derselben entstandene Kunstprodukte auffasst; die auf Querschnitten gesehenen Fasern können also keine andern gewesen sein, als die von mir als Nervenfasern beschriebenen, während er die im Innern unserer Rhabdome eingeschlossenen, also nach meiner Auffassung zwischen den Stäbchen gelegenen Limitansfasern vielleicht andeutungsweise gesehen haben mag, ohne ihnen

*) Ich denke hierbei zunächst an die *Alciopiden* nach Greeff (s. w. u.), trotzdem hier noch einige Nachweise zu führen sind, um die Vergleichung voll zu rechtfertigen. — Von dem durch Hensen so trefflich geschilderten Auge von *Pecten* (l. c. pag. 220—226) sehe ich hier ab; die Differenzen sind noch zu gross, um eine gemeinsame Betrachtung zu gestatten.

aber, wegen der Seltenheit sicherer Bilder, besondere Bedeutung beizulegen. — Hensen denkt sich übrigens diesen Axenfaden complicirter, als ich ihn finde; er sagt an einer andern Stelle (l. c. pag. 228): „Es hat sich im Verlauf der Arbeit weiter ergeben, dass die Stäbchen der Länge nach von einem Canal durchzogen sind, in welchen ein Faden liegt, der als mit Nervenfädchen erfüllter Zellenausläufer zu betrachten ist“. Aus den schon oben angeführten Gründen erscheint es mir unstatthaft, hier in eine Discussion einzutreten über den von Hensen angenommenen Zusammenhang von Nervenfasern vermeintlich verschiedener Provenienz und die physiologische Verwerthung im Sinne der Young-Helmholtz'schen Theorie der Farbenperception; ich muss hierfür auf die ausführliche Darstellung des Verfassers selbst hinweisen.

Abweichend von Hensen, aber einfacher, gestaltet sich das Bild nach der Ansicht von M. Schultze (l. c. pag. 10). Er betrachtet eine feine längsstreifige Zeichnung der Retinazelle (Kernregion derselben, von ihm „Stäbchenfaser“ genannt) als Ausdruck einer fibrillären Structur derselben, und bringt diese in Zusammenhang mit den zahlreichen feinsten Fibrillen, in welche nach seiner Beobachtung die Zelle an ihrem äussern Ende zerfallen soll (s. ob.). Einige Male glaubt er sogar das Eintreten eines solchen ganzen Büschels von Fibrillen in das Innere von Stäbchen wahrgenommen zu haben, doch glückte es ihm nicht, sie zu isoliren. — In ganz ähnlichem Sinne deutet er die Querschnitte durch die Stäbchen (pag. 13); er interpretirt den sehr fein granulirten Inhalt der Stäbchenkanäle als eine möglicherweise sehr feinfibrilläre Masse, die den centralen Theil der Stäbchen ausfülle. — Eine Anzahl seiner Figuren, bes. Fig. 17 und 18 Taf. I, zeigt zwischen den Querschnitten der Rhabdome kleine Kreischen, die ich wegen ihrer Lage am ehesten als Querschnitte unserer Nervenfasern ansprechen möchte; M. Schultze spricht aber sonst blos noch von Pigment an diesen Stellen, und führt nichts an, worauf ich meine Muthmassung sicherer basiren könnte.

Damit darf ich wohl meine Schilderung des Baues der Cephalopodenretina als abgeschlossen betrachten, und ich will nur noch, unter Verweisung auf die schematischen Figuren 11 und 12, diejenigen Momente in der Organisation derselben, die sich nach meinen Untersuchungen als besonders characteristische für ihre Beurtheilung ergeben haben, in einem kurzen Resumé zusammenfassen.

1. Die Retina der Cephalopoden ist nicht in dem Sinne, wie diejenige der Wirbelthiere, als eine geschichtete zu bezeichnen; sie besteht nur aus einer einzigen Lage von langgestreckten Retinazellen, die, radiär gerichtet und

palissadenartig neben einander fixirt, den gesammten percipirenden Apparat repräsentiren.

2. Jede dieser Retinazellen zeigt drei Abschnitte oder Regionen von ungleicher Ausbildung: sie weist also eine Differenzirung in eine Stäbchen-, Sockel- und Kernregion auf, von denen die beiden ersteren innerhalb, die letztere ausserhalb von der zur Orientirung wichtigen Grenzmembran gelegen sind.
3. Die Stäbchenregion ist characterisirt durch das Auftreten der nach Art der Cuticularbildungen an der Retinazelle entstehenden Stäbchen; diese selbst treten in Gestalt zweier rinnenförmiger Halbcylinder auf, welche den entsprechenden Zellenabschnitt zwischen sich einschliessen. Die Stäbchenhälften aber gruppiren sich ihrerseits wieder in der Weise, dass gewöhnlich je vier derselben, die zu ebensoviel Zellen gehören, zu Einheiten höherer Ordnung — Rhabdomen — zusammentreten. Die beiden Hälften des Stäbchens einer Retinazelle gehören so zu verschiedenen, aber benachbarten Rhabdomen.
4. Die Sockelregion, der kürzeste Abschnitt der Retinazelle, ist besonders durch die in ihrem Innern erfolgende reichliche Anhäufung von körnigem Pigment characterisirt, die sich überall findet, während eine zweite Pigmentanhäufung am innern Stäbchenende nicht constant auftritt. — Ferner treten an ihr verschieden entwickelte, wohl ebenfalls cuticulare und als „Sockelmantel" bezeichnete Hüllen auf.
5. Die Kernregion ist ausser durch den Kern noch durch eine besonders stark entwickelte Hülle gekennzeichnet, die einen ähnlichen Character zu haben scheint wie die der Sockelregion. Mit dem äussern zugespitzten Ende dieses Abschnittes geht jede Retinazelle in eine Nervenfaser über.
6. Als Fortsetzung und letzte Endigung dieser Nervenfaser ist mit grösster Wahrscheinlichkeit eine feine Faser zu betrachten, welche im Innern der Retinazelle emporsteigt bis gegen die Limitans zu. Als Faser ist sie mit Sicherheit wenigstens in der Stäbchen- und Sockelregion erkannt, weit seltener in der Kernregion. Aus der Lage derselben im Innern der Retinazelle ergiebt sich, dass sie zwischen den aus der Verschmelzung der Stäbchenhälften hervorgehenden Rhabdomen liegen muss; ein unmittelbarer Contact mit der Substanz der letzteren, oder ein Uebergang in dieselben kam nirgends zur Beobachtung.
7. Die Membrana limitans s. homogenea zur Retina im engern Sinne zu ziehen, liegt kein materieller Grund vor; sie verdankt ihren Ursprung z. Th. Zellen, welche die Retina an ihrer Peripherie umgeben, z. Th. Zellen, welche in der

Sockelregion zwischen die Retinaelemente eingesprengt sind (Limitanszellen). Diese letzteren senden (1—5) Ausläufer durch die Stäbchenregion zu der der Retina zugewandten Seite der Limitans ab, die trotz ihres Verlaufes im Innern der Rhabdome, von denen sie bis zur Unkenntlichkeit umschlossen werden können, nicht, wie früher geschehen, als Nervenfasern, sondern als Material für den Aufbau der Limitans (Limitansfasern) zu betrachten sind.

Wie weit die vorstehend in den wesentlichsten Umrissen skizzirten Resultate meiner Untersuchungen an dem engbegränzten Material von 3 Cephalopodengattungen für die Classe überhaupt Geltung beanspruchen können, muss die Zukunft lehren. Auf Modificationen des Schemas mehr oder weniger eingreifender Art muss ich wohl gefasst sein, und ich möchte ausdrücklich nochmals auf *Loligo* hinsichtlich seiner Rhabdombildung hinweisen, wo wahrscheinlich Zahl- und Anordnungsverhältnisse der Rhabdomcomponenten von den hier beschriebenen abweichen.

Noch anders liegen wohl die Dinge für *Nautilus*, dessen Auge — ja nicht blos dieses, sondern das ganze Thier — sozusagen ein verkörperter Anachronismus ist. Die beste Untersuchung über dies in jeder Beziehung interessante Sehorgan verdanken wir bekanntlich ebenfalls Hensen (l. c. pag. 203—211; vgl. ferner: Bronn, Classen und Ordn. des Thierreichs, fortges. von Keferstein, III, 2 pag. 1378, Taf. 115 Fig. 1), auf die ich hier verweisen muss.*) Trotz des embryonalen Characters des Auges, der sich durch die Persistenz der Communication des Innern der primären Augenblase mit dem äussern Medium, und in Folge davon durch das Fehlen der dioptrischen Medien und ihrer Accidentien (Linse, Corpus epitheliale etc.) ausspricht, hat sich hier eine Retina ausgebildet, die in den Hauptzügen an diejenige der Dibranchiaten erinnert, ohne dass sich aber zur Zeit schon genau angeben liesse, wie weit die Uebereinstimmung gehen mag. Eine sehr starke Stäbchenregion hat Hensen nachgewiesen; ob die Stäbchen sich auch zu Rhabdomen gruppiren, steht noch dahin. Ausser der Existenz einer Grenzmembran ist noch besonders diejenige einer Limitans für mich von Interesse; ob die Fasern, welche durch die Stäbchenregion sich gegen sie hinziehen, und sich nach Hensen leicht nachweisen lassen, mit der Bildung dieser Limitans nach Art unserer Limitansfasern in Zusammenhang stehen — wie ich für wahrscheinlich halte — scheint mir einer Prüfung wohl werth zu sein. Sollte meine Vermuthung sich bestätigen, so wäre die Homologie zwischen der

---

*) Die Bemerkungen von C. K. Hoffmann (in: Selenka, Niederl. Arch. f. Zool. I 1871—73 pag. 180) können daneben kaum in Betracht kommen.

Nautilus-Retina und derjenigen der übrigen Cephalopoden eine fast complete, und um so auffallendere, als die übrigen Producte des Ectoderms, die ausser der Retina sich bilden (Linse, Corpus epitheliale), im Auge ganz und gar nicht zur Entwickelung gelangen.

Unter den von mir gefundenen Resultaten ist eines der auffallendsten für mich die Bildung der Rhabdome, m. W. bis jetzt der einzigen ausserhalb des Typus der Arthropoden, wo sie so weite Verbreitung haben. Bei diesen finden sie sich in der Mehrzahl der zusammengesetzten Augen, während der Rest zwar nah vereinigte, aber noch discrete Stäbchen in denselben aufweist; ausserdem wurden sie vereinzelt (bes. bei Scorpionen) im einfachen Auge nachgewiesen. Der Umstand, dass sich die Rhabdome des Facettenauges um so typischer entwickeln, je characteristischer andere Elemente desselben (z. B. Krystallkegel), die mit dem eigenartigen Modus des Sehens vermittelst dieser Augen zusammenhängen, zur Ausbildung gelangen, lässt uns die Entstehung dieser Gebilde als eine relativ verständliche erscheinen: je mehr im Einzelauge die Einzelstäbchen auf eine selbständige Rolle und Leistung verzichten, je inniger sie sich zusammenfügen zu einer neuen Einheit (Rhabdom), um so vollkommener kann sich die Function des Gesammtauges gestalten. — Anders steht es z. Z. mit der Rhabdombildung im einfachen Auge der Scorpione, wo wir noch keineswegs die Sache so klar sehen; wir wissen nicht, warum sich hier — abweichend von den einfachen Augen der Spinnen — je fünf Retinazellen mit ihren Stäbchensäume tragenden Kanten so zusammenfügen, dass fünftheilige Rhabdome daraus hervorgehen; wir wissen nicht, warum die lichtempfindenden Endorgane der Netzhaut sich nur in relativ grossen Abständen, dafür aber in starken Massen anordnen, und warum dadurch, wenn wir es richtig interpretiren, also die Feinheit der Wahrnehmung vielleicht der Stärke der Empfindung zum Opfer gebracht wird — wenn es nicht durch das Leben im Dunkeln wenigstens partiell eine Erklärung findet. In anderer Weise und auf anderer Grundlage fassen Ray Lankester und Bourne (l. s. c. pag. 196) die Sache an, meines Erachtens freilich mit wenig Glück. Nach meiner früher veröffentlichten Auseinandersetzung erklären sich die Eigenthümlichkeiten des Baues und der Function der Facettenaugen am einfachsten und ungezwungensten durch die Annahme, dass dieselben aus der nähern Aggregation einfacher, in grösserer Zahl auftretender, dafür aber in ihrem Bau reducirter und modificirter Einzelaugen von an sich geringfügiger Leistung hervorgegangen sind. Die genannten Autoren aber sehen in der Rhabdombildung bei den Scorpionen eine Andeutung, dass gerade der entgegengesetzte Weg

der von der Natur gewählte sei; sie leiten das Facettenauge vom ausgebildeten Stemma ab, dessen Retinazellen sich zuerst in Gruppen (Retinulae) „segregirt“ hätten, welcher Segregation dann die Linse (in Einzelfacetten) gefolgt wäre. Im Princip kommen die Verff. demnach auf den alten Standpunkt von Fr. Leydig zurück, den ich in meinem Buche (pag. 138) kritisirte; freilich ist die ganze Argumentation eine wesentlich verschiedene. Plausibler scheint er mir aber deshalb nicht geworden zu sein; ich kann wenigstens nicht finden, dass die gegen die Leydig'sche Auffassung geltend gemachten Bedenken nicht auch gegen die der Verff. am Platze, oder durch die Ausführungen derselben auf pag. 204 (l. c.), die sich blos auf *Limulus* und die Scorpione beziehen, als beseitigt zu betrachten wären. Indessen, wie dem auch sei — das Vorkommen von Rhabdomen in der Cephalopodenretina dürfte zum mindesten zeigen, dass jener Erklärungsversuch noch nicht als ein abschliessender zu betrachten ist, denn hier kann doch von einer beginnenden Tendenz zur Zerfällung in Einzelaugen nicht wohl die Rede sein, und es dürfte sich wohl empfehlen zu sehen, ob sich nicht Factoren ausfindig machen lassen, welche diese „Segregation“ in Einzelgruppen von percipirenden Elementen auf anderer Basis dem Verständniss näher rücken.

Nun liegen allerdings noch Unterschiede vor zwischen den Rhabdomen der Cephalopoden und denen der Arthropoden: der wichtigste ist unstreitig der, auf den schon oben hingewiesen wurde, dass nämlich bei den Arthropoden jede Retinazelle nur an der Bildung eines einzigen, bei den Cephalopoden aber gewöhnlich zweier Rhabdome betheiligt ist. Letzteres Verhalten kann nicht verfehlen, auf die Perception einen gewissen Einfluss auszuüben, den wir hier noch kurz zu besprechen haben.

Lassen wir durch den Einfluss der dioptrisch wirksamen Medien des Auges (hier der Linse) ein Bild auf dem percipirenden Hintergrunde des Auges entstehen, so wird nach unserer Auffassung zur Wahnehmung der Einzelheiten desselben verlangt, dass diese Einzelheiten auch auf gesonderte Perceptionsorgane fallen, und wir werden von zwei sonst völlig gleichgebauten, mit optisch vollkommen gedachten Projectionsapparaten, aber mit verschieden feinen Perceptionselementen ausgerüsteten Augen demjenigen die feinere Perception zuschreiben, auf dessen Retina-Flächeneinheit mehr Perceptionseinheiten — Stäbchen — sich finden. Bei dieser Anschauungsweise setzen wir aber stillschweigend voraus, dass jedem Element für eine selbständige Elementarperception auch eine ebenso selbständige Leitung — Nervenfaser — zukomme, da nur unter dieser Voraussetzung der Perceptionsapparat zur vollen Ausnutzung seiner Vollkommenheit kommt. In den Rhabdomen der Arthropoden — zunächst des Facettenauges — ist nun im Allgemeinen die Einrichtung so getroffen,

dass, wenn auch der dioptrische Apparat noch so feine Détails des Objectes darauf abzubilden im Stande wäre, dennoch die einzelnen Stäbchencomponenten desselben nicht besondere, den unmittelbar anliegenden Nachbarn unzugängliche Reize empfangen und gesondert weiterleiten können, weil sie durch ihre innige Verwachsung zu einer Einheit vom Lichte gleichmässig durchstrahlt werden und also auch gleichartige Erregungen den Nervenfasern zur Weiterleitung übermitteln müssen. Diese Betrachtungsweise in consequenter Durchführung und in Verbindung mit einigen hier nicht weiter zu erörternden, auf den Bau des Facettenauges bezüglichen Umständen hat es mir s. Z. möglich gemacht, die schon fast allgemein aufgegebene Theorie Joh. Müller's vom musivischen Sehen wieder in die ihr gebührende Stelle einzusetzen*); sie wird aber auch hier im Auge zu behalten sein, wenn es gilt, die Rhabdome der Cephalopoden-Retina hinsichtlich ihrer functionellen Bedeutung zu würdigen.

Sehen wir zunächst völlig von dem Umstande ab, dass jeder Component eines einzelnen Rhabdoms sein zu derselben Retinazelle, aber zu einem andern nächstliegenden Rhabdom gehöriges Gegenstück hat (vgl. das Schema Fig. 12), denken wir uns also einfach ein solches aus vier Segmenten zusammengesetzt, von denen jedes einer Zelle mit besonderer Nervenfaser zugehört, so muss nach unserer Auffassungsweise selbstverständlich das so vereinfachte Rhabdom mit dem ganz analog gebauten in der Facette des Arthropodenauges als functionell gleichwerthig, das heisst, als eine Perceptionseinheit betrachtet werden, weil bei dem gänzlichen Fehlen von sondernden Vorrichtungen jedes Strahlenbüschel das ganze Rhabdom gleichmässig durchstrahlen muss. Aus der Gleichheit des Reizes für die einzelnen Componenten würde auch eine gleichartige Wirkung auf die zu denselben gehörigen Nervenfasern, also eine einheitliche Empfindung zu folgern sein. So wäre der Sehvorgang zwar etwas eigenthümlich, aber immerhin an sich leicht verständlich. Aber die einzelnen Rhabdome sind nicht in der eben fingirten Art von einander unabhängig, sondern sie stehen mit ihren unmittelbaren Nachbarn, mit denen sie den gleichen Leitungsdraht für ihre Reize — die Nervenfasern — theilen müssen, in Wechselbeziehung**), die das Verständniss des Sehvorganges nicht unwesentlich erschwert. Ich habe in dem Schema Fig. 12 die einzelnen Componenten eines Rhabdoms mit den Ziffern 1, 2, 3, 4

*) Ich muss hierüber auf den betr. Abschnitt meines Buches verweisen (l. c. pag. 142—157: „Der Sehvorgang im Facettenauge").

**) Von dem Umstand der Verwachsung zahlreicher Rhabdome unter sich vermittelst ihrer Kanten soll hier abgesehen werden, da es sich ja nur um eine Erörterung principieller Art handeln kann.

bezeichnet, die zu den gleichen Retinazellen gehörigen Componenten von 4 andern benachbarten Rhabdomen entsprechend mit I, II, III, IV, ausserdem endlich die zugehörigen Nervenfasern mit *a*, *b*, *c*, *d*. Es ergiebt sich aus dem Schema, dass die Nervenfaser *a* Reize leitet nicht nur von dem Rhabdom 1—4, sondern auch von dem Rhabdom, zu dem I als Component gehört; die Faser *b* auch von einem weitern Rhabdom, zu dem II gehört u. s. f., dass also differente Reize auf unmittelbar benachbarten Rhabdomen durch die partiell gemeinsame Leitung wahrscheinlich nicht voll ihrer Differenz entsprechend zur Empfindung gelangen werden, sondern erst dann, wenn ihre Projection auf Rhabdome erfolgt, welche keine gemeinsamen Nervenfasern mehr erregen. Das würde also eine wesentlich weniger fein abgestufte Perception für unser Auge ergeben, als in dem vorhin fingirten Falle, wo wir ein Rhabdom nur mit Nervenfasern für seinen eigensten Gebrauch ausstatteten, wie es bei den Arthropoden factisch realisirt ist. Es bedarf nach dem Angeführten wohl kaum noch eines weiteren Hinweises, wie sehr durch diese Einrichtung das Cephalopodenauge hinter das der Wirbelthiere im Allgemeinen zurücktritt, mit dem es sich sonst in mehr als einer Beziehung wohl messen kann, und selbst die vollkommenst wirkende Linse und die genaueste Accomodation wären nicht im Stande, an dieser Differenz, die in der Structur des Perceptionsapparates gegeben ist, etwas zu Gunsten des Cephalopodenauges zu ändern.

Diese Auseinandersetzung hat, ganz abgesehen von der Wahrheit oder Falscheit der in meinen Untersuchungen gebotenen Thatsachen, selbstverständlich nur Geltung unter der Voraussetzung, dass die der Stäbchensubstanz vindicirte Rolle bei dem an sich noch so räthselhaften Vorgang der Umwandlung von Lichtätherbewegung in Nervenerregung die ist, die wir ihr zur Zeit zuschreiben. Etwaigen Gegnern dieser Auffassung dürften wohl am meisten die Nervenfasern in's Auge fallen, um sie mit der Aufgabe der Perception zu betrauen, wie dies z. B. R. Greeff in dem am meisten Analogie mit den uns hier beschäftigenden Verhältnissen bietenden Auge der *Alciopiden* gethan hat (l. c. p. 110). Dort sollen seiner Ansicht nach die Stäbchen blosse mechanische Stützen, sozusagen Futterale für die Nervenfasern sein, nur dazu bestimmt, diese zarten Gebilde in ihrer radiären Lage zu erhalten. Es lässt sich nicht läugnen, dass, wenn nicht eine ganze Fülle von andern Thatsachen und Erwägungen dieser Auffassung principiell im Wege stünden, eine Reihe von Cephalopoden zu ihren Gunsten vorgeführt werden könnte, nämlich alle jene, bei denen die innere, dicht unter der Limitans gelegene Pigmentzone fehlt, die Nervenfaser also wie bei den *Alciopiden* dem Lichte exponirt ist. Dieser Schluss wäre aber identisch mit

der Erklärung, die andern Cephalopoden, deren Retina einen schützenden Pigmentgürtel vor den Nervenfasern aufweist, wären blind, was wohl Niemand wird vertreten wollen. Die ganze Fülle der vergleichend-anatomischen Thatsachen weist noch immer einzig und allein auf die Stäbchen in ihren verschiedenartigen Formen als der allein constanten, überall dem Licht zugänglichen Elemente hin, die wir als unentbehrliche Vermittler für die Lichtempfindung in Anspruch zu nehmen haben, und auch die vorliegende Untersuchung hat durch den Ausschluss der Limitansfasern aus der Reihe der nervösen Bildungen, also durch die Beseitigung einer jene Auffassung immerhin kreuzenden vermeintlichen freien Nervenendigung in einer hochentwickelten Augenform eine weitere Stütze für sie geliefert. Mag dieser Gewinn gegenüber der durch ihn verursachten Einbusse — da wir ja hinsichtlich der Farbenwahrnehmung, die uns Hensen erschliessen zu können glaubte, auf's Neue sozusagen an die Luft gesetzt worden sind — auch noch so gering angeschlagen werden: es bleibt uns nichts übrig, als uns damit einstweilen zu begnügen.

Nach den vorstehenden Ausführungen über den Bau der Cephalopodenretina dürfte es wohl nicht mehr nothwendig sein, ausführlicher auf die zahlreichen Momente einzugehen, welche gegen die Vergleichbarkeit derselben mit der gesammten Wirbelthierretina sprechen; gegenüber den Differenzen tritt das beiden Gemeinsame in den Hintergrund, ohne dadurch aber an Bedeutung zu verlieren. Nur durch die scharfe Trennung der Wirbelthier-Netzhaut in eine Gehirn- und eine Neuroepithel-Schicht, zu welch letzterer die sog. „äussern Körner", sowie die Stäbchen und Zapfen gerechnet werden, ergiebt sich ein Anhalt für die Parallelisirung zwischen der Retina eines Vertebraten mit der eines (beliebigen) wirbellosen Thieres in sofern, als die Wirbellosen nie eine mit der Neuroepithelschicht in engerer Verbindung stehende Gehirnschicht aufweisen — wenn nicht vielleicht die *Tunicaten* eine Ausnahme bilden, die neben so viel Anderem auch die Entwickelung des Sehorganes aus dem centralen Nervensystem mit den Vertebraten gemeinsam haben. Nun ist die Cephalopodenretina, wenn wir diesen Begriff in der von mir vertretenen engern Bedeutung fassen, auch weiter nichts als eine einfache Neuroepithelschicht, und damit ist das gemeinsame Moment genügend hervorgehoben. Ich habe aber nicht die Absicht, hier auf diese Vergleichung weiter einzugehen, um so weniger, als ich meine frühern Ausführungen darüber (l. c. pag. 165—166), abgesehen von der hier erfolgten Correctur meiner damaligen Auffassung des morphologischen Werthes der Cephalopodenretina, abzuändern noch keine Veranlassung gefunden habe.

Ebenso verzichte ich, aber aus andern Gründen, hier auf die ungleich näher

liegende Vergleichung der Cephalopodenretina mit derjenigen der übrigen cephalophoren Mollusken. Dieser Verzicht ist aber nur ein vorläufiger, der blos Geltung hat bis zum Abschluss schon begonnener, nach ganz analogen Gesichtspunkten durchzuführender Untersuchungen der hier in Frage kommenden Augenformen.

Erklärung der Abbildungen.

A. Erklärung einiger öfters wiederkehrenden Bezeichnungen.

Lim. = Membrana limitans s. homogenea.
Lim. f. = Limitansfasern.
Lim. Z'. = Limitanszellen in der Retina („Stäbchenkörner" nach Hensen).
Lim. Z''. = Randbildungszellen der Limitans.
Pig. Ep. = Pigmentepithel zwischen vorigen und dem Corpus epitheliale („Pars ciliaris retinae" der Autt.)
Gr. = Grenzmembran.
Cap. = Capillaren.
St. = Stäbchenausscheidung einer Retinazelle.
Rh. = Rhabdome, aus der Verschmelzung der vorigen hervorgegangen.
Sck. = Stäbchensockel der Retinazelle.
Sm. = Mantel des Stäbchensockels.
R. Z. = Kernführender Abschnitt der Retinazelle ausserhalb der Grenzmembran.
Zm. = Mantelartige Hülle dieser Region.
N. = Stratum der Nervenfasern ausserhalb der eigentlichen Retinazellenlage.
N. f. = Fortsetzung der Nervenfaser durch die Retinazelle bis zwischen die Rhabdome.

B. Erklärung der Figuren.

Fig. 1. Dickenschnitt durch die äusserste Randparthie der Retina und ihre nächste Umgebung, von *Eledone moschata* (Zeiss, DD, Oc. 2. $^{230}/_{1}$). Zur Darstellung der allgemeinen topographischen Verhältnisse der Retina, speciell der Beziehungen der Limitans zu ihren Bildungszellen, namentlich des Randes. — Am rechten Rande der Zeichnung hat sich oben die Limitans von den Rhabdomen etwas abgehoben, und die Enden der Limitansfasern werden sichtbar. — *Kn.*, Knorpelhaut des Bulbus.

Fig. 2. Dickenschnitt durch die innerhalb der Grenzmembran gelegenen Regionen der Retina von *Octopus vulgaris* (E. Oc. 2. $^{350}/_{1}$). Zur Darstellung besonders der Limitansfasern, die durch blasenförmige Abhebung der Limitans von den Rhabdomen aus diesen eine Strecke weit herausgezogen wurden. — An den Rhabdomen selbst sind noch Andeutungen der Plättchenstructur erkennbar.

Fig. 3. Flächenschnitt durch die Sockelregion von *Octopus* (Homog. Imm. $^{1}/_{12}$", Oc. 2. $^{500}/_{1}$), nicht ganz parallel der Grenzmembran, sondern links ihr etwas näher, rechts mehr gegen die äussern Enden der Rhabdome hin. Links die in toto roth gezeichneten Limitanszellen mit ihren Ausläufern dichter angehäuft. Die Sockel zeigen z. Th. die sog. Sockelmäntel. Ferner sind die intracellulären Nervenfasern blau, die intercellulären Limitansfasern roth eingezeichnet.

Fig. 4ª. Flächenschnitt durch einige Rhabdome von *Eledone* (Homog. Imm. $^1/_{12}''$, Oc. 4, $^{950}/_1$), vom äussern Ende, um die Entstehung derselben aus den Stäbchenhälften (*St.*) zu zeigen. Die Limitansfasern treten von den Rhabdomen eingeschlossen auf.

Fig. 4ᵇ. Querschnitt durch die Mitte der Rhabdome von *Eledone* (Homog. Imm. $^1/_{12}''$, Oc. 2, $^{500}/_1$), mit zahlreichen Unregelmässigkeiten. Nur an wenigen Stellen lassen sich noch im Innern derselben die Limitansfasern mit einiger Sicherheit erkennen.

Fig. 5. Querschnitt durch einige besonders regelmässige Rhabdome von *Octopus* (Imm. K, Oc. 2, $^{760}/_1$). Die Limitansfasern kamen hier nicht zur Beobachtung, wohl aber die Nervenfasern.

Fig. 6. Querschnitt durch eine Gruppe von Rhabdomen von *Octopus* (Imm. K., Oc. 2, $^{760}/_1$), unweit des innern Endes derselben. Auch hier konnten blos die Nervenfasern und von ihnen ausgehende radiäre Streifchen, die wohl mit der Fixirung der ersteren in ihrer Lage zusammenhängen, nachgewiesen werden.

Fig. 7. Querschnitt durch eine besonders unregelmässige Gruppe von Rhabdomen von *Octopus* (Imm. K., Oc. 2, $^{760}/_1$), mehr in Rücksicht auf die allgemeine Configuration als des Détails wegen gezeichnet.

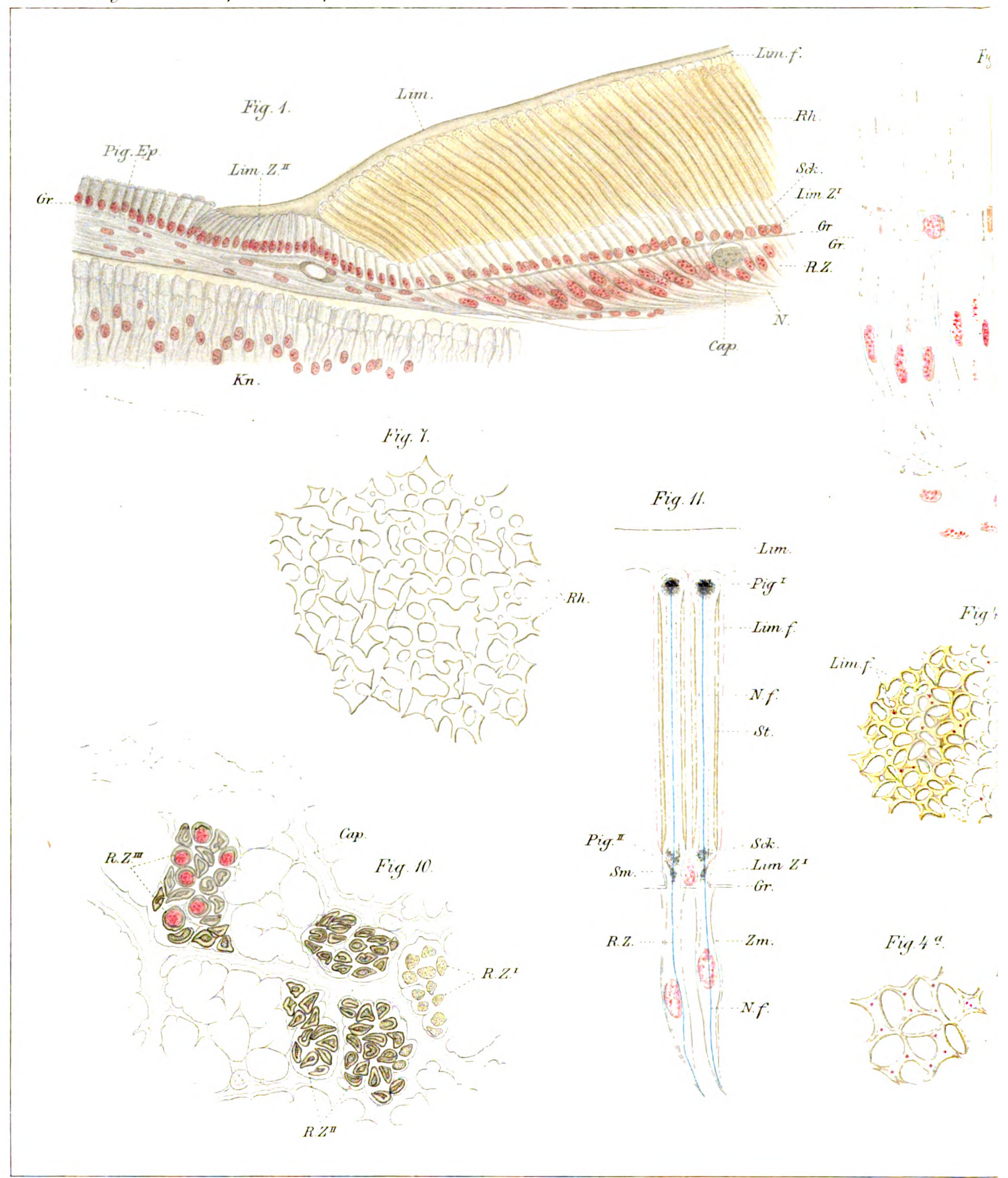
Fig. 8. Querschnitt durch die ersten Anfänge der Stäbchen- und Rhabdombildung von *Octopus*, dicht über den Sockeln (Imm. K., Oc. 2, $^{760}/_1$). Links sieht man noch die Querschnitte durch die Sockel, dann treten mehr nach rechts vereinzelt die Stäbchensäume auf, die sich dann noch weiter hin, wo die Schnittfläche sich von der Grenzmembran mehr entfernt, zu Rhabdomen zu gruppiren beginnen. Limitansfasern (roth) und Nervenfasern (blau) sind sichtbar.

Fig. 9. Dickenschnitt durch den äussern Theil der Retina von *Sepia* (Homog. Imm. $^1/_{12}''$, Oc. 2, $^{500}/_1$). — Von den Rhabdomen ist nur das äusserste Ende sichtbar; man sieht die Sockel mit ihren feinstreifigen Mänteln (*Sm.*), dazwischen eingestreut Kerne von Limitanszellen. — Ausserhalb der Grenzmembran liegen die kernführenden Abschnitte der Retinazellen (*R. Z.*), die nach unten mit Nervenfasern sich vereinigen, welche aus gröbern Stämmchen (*N.*) sich abzweigen. — Noch weiter nach aussen folgt lockere und fibrilläre Bindesubstanz mit Kernen.

Fig. 10. Flächenschnitt durch die Retina von *Octopus*, ausserhalb der Grenzmembran, durch die kernführenden Abschnitte der Retinazellen (Imm. K., Oc. 2, $^{760}/_1$). Es sind nur einige Gruppen von Retinazellquerschnitten ausgeführt, die dazwischen ziehenden Blutgefässe (*Cap.*) sowie die gröberen von ihnen abgehenden Verzweigungen des Reticulum bloss in Umrissen angedeutet. — Bei *R. Z.*^{I} ist der Schnitt in ganz unmittelbarer Nähe der Grenzmembran geführt, die Zellmäntel nur bei wenigen andeutungsweise sichtbar; bei *R. Z.*^{II} liegt die Schnittebene zwischen Grenzmembran und Kern, die Zellmäntel sind stark entwickelt; bei *R. Z.*^{III} sind einige Kerne von der Schnittebene getroffen.

Fig. 11. Schema, zur Versinnlichung der Differenzirung der Retinazellen in ihren verschiedenen Regionen, sowie der Beziehungen der Limitanszellen und -fasern zu ihnen. *Pig.*^{I}, *Pig.*^{II}, innere und äussere Pigmentanhäufung, wie sie sich bei *Octopus* finden.

Fig. 12. Schematischer Querschnitt durch einige Retinazellen, um die Entstehung der (regelmässigen) Rhabdome aus Stäbchenhälften zu versinnlichen. Bei * sind zwei Retinazellenquerschnitte mit ihren Stäbchen schraffirt, um sie besonders hervorzuheben; Nerven- und Limitansfasern sind eingetragen. Ueber die Bedeutung der arabischen und römischen Ziffern etc. wird auf den Text verwiesen.



H. Grenacher. del.

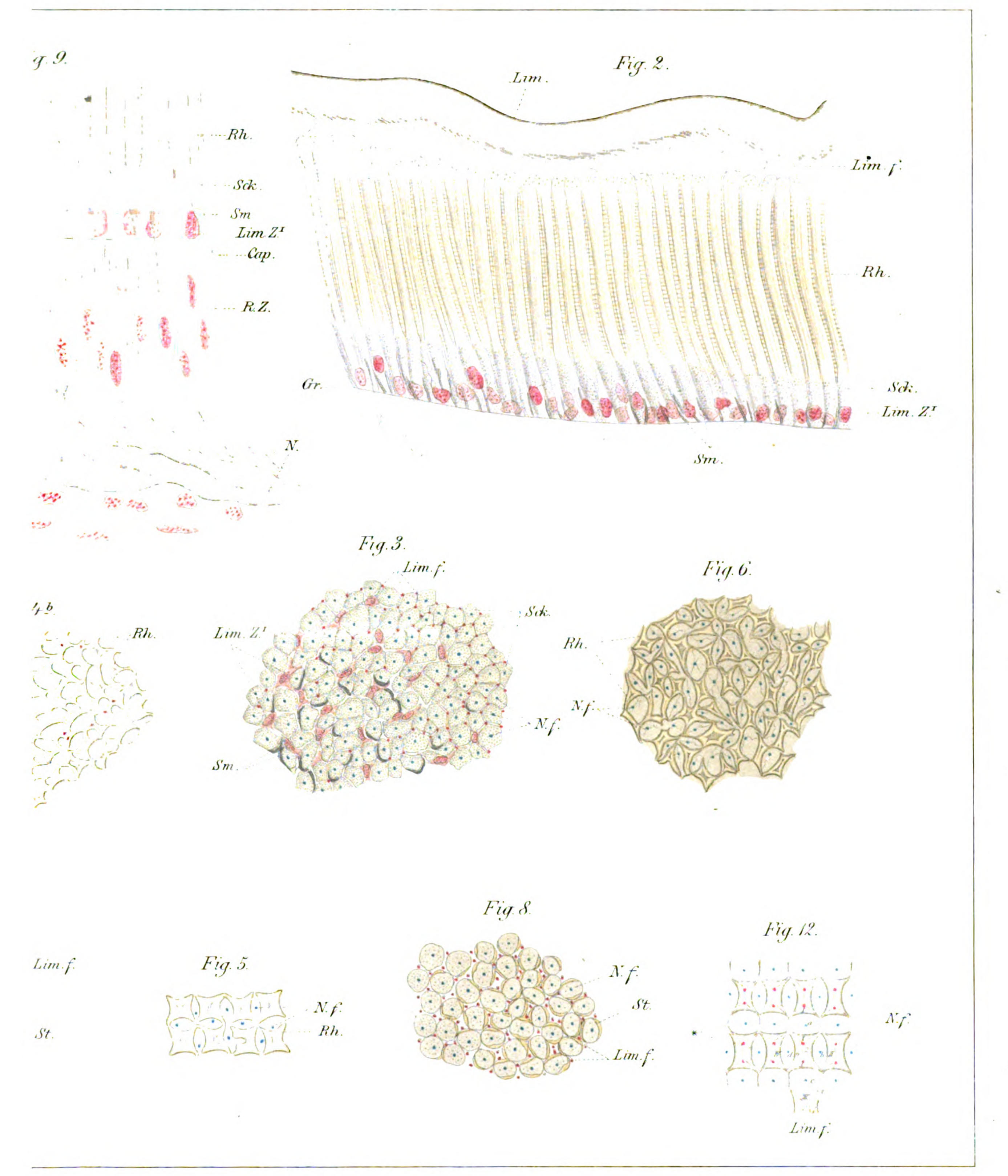


Fig. 2.
Lim.
Lim. f.
Rh.
Gr.
Sck.
Lim. Z.I
Sm.
Rh.
Sck.
Sm
Lim Z.I
Cap.
R.Z.
N.
Fig. 3.
Lim. f.
Sck.
Lim. Z.I
N. f.
Sm.
Fig. 6.
Rh.
N. f.
Rh.
Fig. 8.
N. f.
St.
Lim. f.
Fig. 12.
N. f.
Lim. f.
Fig. 5.
N. f.
Rh.
Lim. f.
St.

ABHANDLUNGEN

DER

NATURFORSCHENDEN GESELLSCHAFT ZU HALLE

ORIGINALAUFSÄTZE

AUS DEM GEBIETE DER GESAMMTEN NATURWISSENSCHAFTEN

XVI. Band 3. Heft

enthält



HALLE
MAX NIEMEYER
1885

Ueber

die Blüthenwärme

bei

Arum italicum

von

Gregor Kraus.

Zweite Abhandlung.

Mit 3 Tafeln.

Wiederholte römische Ferienaufenthalte haben mir seit Erscheinen der ersten Abhandlung über die Blüthenwärme beim *Arum italicum* Gelegenheit gegeben, meine Beobachtungen und Versuche über das seltsame Phänomen an dieser Pflanze fortzusetzen.

Rom birgt unmittelbar vor den Thoren eine wahrhaft classische Fundstätte des *Arum*. Auf den sonnigen oder ulmenbeschatteten Grasflächen der „Villa suburbana“ des Fürsten Borghese wächst unsere Pflanze in jeder nur wünschbaren Fülle und Verfassung. In freundlichem Entgegenkommen gestattete mir der Fürst wiederholt Eintrittsbillete „per ogni giorno ora e luogo“ und eröffnete mir so die Möglichkeit nach freiem Ermessen die Pflanze zu studiren und Materiale zur Untersuchung zu sammeln. In erster Linie fühle ich mich daher verbunden, ihm meinen lebhaften Dank abzustatten.

Nicht minder danke ich meinem Freunde Briosi und seinem Nachfolger in der Direction der Stazione agraria in Rom, professore del Torre, welche mir Räumlichkeit und Einrichtung des genannten Instituts in liberalster Weise zur Verfügung stellten.

So allein wurde es möglich, die höchst merkwürdige Erscheinung der Blüthenwärme bei dieser Pflanze und insbesondere einen Athmungsprocess, der an Intensität des Auftretens, Schnelligkeit des Verlaufs und strenger Localisirung seines Gleichen im Pflanzenzeich kaum wiederfindet, noch näher kennen zu lernen.

I.

Die stofflichen Veränderungen in der Keule bei der Erwärmung.

Einleitung und Uebersicht.

Bei oberflächlicher äusserer Betrachtung der Keule vor, während und nach der Erwärmung bieten sich an derselben keine augenfälligen Zeichen von den colossalen Veränderungen, die im Innern statt haben, dar. Man findet zwar manchmal die verblühten Keulen eigenthümlich wachsartig durchscheinend — es ist dann das Gewebe derselben offenbar mit wassererfüllten Intercellularräumen versehen*) — allein ein regelmässiger Begleiter der Verbrennung ist diese Erscheinung keineswegs. Bei näherer Betrachtung freilich bleiben auch die äusseren Zeichen innerer Veränderungen nicht aus: Keulen aus der Knospe fühlen sich fest und prall an, verblühte Keulen haben weicheres, nachgebendes Gewebe; erstere sind spröde, haben einen glatten, trocknen, mehligen Bruch, letztere sind, auch wenn sie straff erscheinen, von zäher, biegsamer Consistenz, im Bruch wässerig; beim Verwelken trocknen die Knospen fast ohne Gestaltveränderung ein und zeigen, dass sie mit festen Materien vollgepfropft sind, verblühte Exemplare fallen schrumpfend zusammen; Betupfen mit Jodlösung macht die Knospenkeulen aussen und innen tief schwarzblau, die verblühten Keulen werden gelb; die frischen Knospenkeulen sind schwerer als Wasser und sinken darin unter, die verblühten sind specifisch leichter und schwimmen in Wasser. Auch beim Verkohlen zeigt sich ein grosser Unterschied: die Knospenkeulen ver-

---

*) Abgestorben ist es nicht. Man könnte etwa vermuthen, es handle sich um eine Ueberhitzung der Gewebe, und nachfolgende Tödtung derselben; allein dem ist nicht so: stellt man die wachsartig durchscheinenden, immer schlaffen und biegsamen Keulen in Wasser, so werden sie wieder steif. Auch die Prüfung der Gewebeelemente mit Färbemitteln ergibt nachträglich, dass die Primordialschläuche, nach wie vor, für solche undurchlässig sind. — Die Injection der Intercellularräume mit Wasser mag wohl daher rühren, dass bei der Erhitzung von den Zellen des Parenchyms mehr Wasserdampf in die Intercellularen ausgehaucht wird, als momentan durch die Spaltöffnungen austreten kann.

kohlen ruhig zu einer wenig zusammensinternden Masse, die verblühten Keulen sinken stark ein, blähen sich und laufen auf dem Platinblech herum.

Welcher Art diese Veränderungen sind, ist bisher von Niemand näher untersucht worden; doch existiren einige kurze Bemerkungen über den Gegenstand. De Candolle gibt in der „Physiologie“ (Uebers. von Röper II, 124) an, Dunal habe „vor der Befruchtung“ aus 70 gr Keulensubstanz 3 gr Stärke, „nach der Befruchtung“ dagegen nur 1/2 gr erhalten.*)

Am klarsten macht Sachs (Exp. Phys. S. 293) auf die Bedeutung und Ungleichheit des Stärkegehalts vor und nach der Erwärmung aufmerksam: „Eine der Substanzen, welche das Material zur Verbrennung und zwar schliesslichen Bildung von Kohlensäure (und wahrscheinlich auch der von Wasser) hergeben, scheint das Amylum zu sein. Dasselbe findet sich nach meinen Beobachtungen an *Arum maculatum* vor der Entfaltung der Spatha in überaus grossen Mengen im Parenchym der Keule und der übrigen Theile des Kolbens, verschwindet aber aus ersteren und den männlichen Organen während der Befruchtungszeit vollständig“.

Aber das ist auch Alles, was über Inhalt der Keule und die Veränderung desselben bei der Erwärmung existirt. Bei Garreau (Ann. scienc. nat. III. Sér.

*) Die Arbeit Dunal's selbst ist, wie Röper a. a. O. S. 125 bemerkt, in Deutschland wenig bekannt. Ich hebe die diesbezügliche Stelle aus derselben aus: „Les appendices glanduleux du spadix de l'Arum italicum ont leur surface très-ferme, consistante, et d'une couleur blanche fort terne, avant la déhiscence des anthères. A cette époque de la durée de ces fleurs, j'ai séparé de leur base les appendices terminaux d'un assez grand nombre de spadix, et je les ai traités comme les pommes de terre dont on veut extraire la fécule; une quantité assez notable d'amidon très-blanc s'est déposée au fond du vase; 70 grammes de pâte formée par les appendices broyés ont donné 3 grammes de fécule desséchée à la température de 20 degrés. Cette expérience a été répétée, et la seconde opération a produit un resultat analogue à celui de la première.

Des quantités égales d'appendices glanduleux de la même espèce de Gouet, ont été séparés des autres parties de leurs châtons, après l'émission du pollen qu'on trouve alors en grande quantité au fond de la spathe qui enveloppe l'appareil génital de ces plantes. A cette époque de leur durée, ces appendices ont acquis une couleur jaune plus foncée, la consistance de leur tissu est moins ferme, et leur surface, sans être précisément humide, est lisse et plus luisante. Traités comme ceux d'un âge moins avancé, ils n'ont point donné de fécule; on a retiré seulement du fond du vase dans lequel on avait placé l'eau qui avait lavé la pâte formée par ces appendices, une petite quantité d'une matière grisâtre qui a pesé 0^{g}, 5, lorsqu'elle a été desséchée à la température de 20°.“ — Die obige Angabe die sich, wie man sieht, auf reine Keulensubstanz und nicht etwa zugleich mitanalysirte andere Blüthentheile bezieht, ist jedenfalls nnr eine sehr ungefähre; die von ihm „vor der Befruchtung“ (also wohl in der aufblühenden Pflanze) gefundene Stärkemenge entspricht 4,3 % der frischen Keulensubstanz, während thatsächlich 25,5 % vorhanden sind. Die Angabe über Stärkemangel „nach der Befruchtung“ entspricht dem normalen Verhalten; in erkalteten Keulen findet sich der Regel nach keine Stärke mehr.

16. Tome p. 250), wo sich vielleicht etwas Hierhergehöriges vermuthen liesse, existirt keine diesbezügliche Mittheilung; die später zu erwähnenden Bemerkungen von Arcangeli (Nuovo Giorn. bot. ital. Vol. XV 1883 p. 90) beruhen nicht auf Untersuchung des Objects.

Ich versuchte daher, mir zunächst ein genaueres Bild von der ursprünglichen Zusammensetzung der Keule zur Zeit des Aufblühens zu machen und dann den Veränderungen nachzugehen, welche dieselbe durch die Erwärmung erleidet. Es wird gut sein, wenn wir uns die Resultate der Untersuchnng*), die später im Einzelnen durchgegangen werden sollen, zunächst tabellarisch vorführen.

A. Procentische Zusammensetzung der lebenden Keule an wichtigen Bestandtheilen vor und nach der Erwärmung.

	Knospenkeule	Verblühte Keule (nach 1 Tag)
Wasser	61,1	89,9
Stärke	25,5	0,0
Zucker	4,5	0,0
Eiweisskörper	3,6	3,84
Amidkörper	1,3	1,43
Pflanzensäuren	0,9	1,33
Lösliche unbek. Körper	0,84	1,2
Asche	0,77	0,75
	98,51	98,45

B. Uebersicht der Trockensubstanzveränderungen in Procenten der Trockensubstanz.

	Knospe	Warme Keule	Verblühte Keule
Stärke	65,6	56,0	0,0
Zucker	12,2	8,3	0,0
Eiweisskörper	9,56	11,4	38,1
Amide	3,48	4,05	14,23
Säuren	2,34	2,62	13,24
Unbek. Subst.	0,84	5,1	3,27
Asche	2,0		7,5

*) Eine Mittheilung darüber habe ich in der Sitzung der Naturf. Ges. zu Halle vom 23. Febr. 1884 gemacht. Vgl. den Auszug derselben in den Sitzber. dies. Ges.

C. Bewegungen der einzelnen Stoffe bei der Erwärmung.

I. Wasser und Trockensubstanz.

	Wasser	Trockensubst.	% Trockensubst.	% Abnahme
Knospenkeule	61,1	38,9	100	0
Warme Keule	67,1	32,9	84,6	15,4
Verblühte Keule	89,9	10,1	25,9	74,1

II. Lösliches und Unlösliches in der Trockensubstanz.

	Lösliche Substanz	Unlösliche Substanz	Unbekannt vom Löslichen ist	in % der Knospentrockensubstanz
Keule in der Knospe	18,8	81,2	0,78	0,84
Keule warm	21,1	78,9	6,13	5,1
Keule verblüht	40,1	59,9	12,63	3,24

III. Kohlehydrate.

	Amylum	Zucker	Gesammtheit
Keule in der Knospe	65,6	12,2	77,8
Keule warm	56,0	8,3	64,3
Keule verblüht	0,0	0,0	0,0

IV. Stickstoffgehalt.

	Gesammt N		N löslich		N unlöslich	
	gefunden	berechnet	gefunden	berechnet	gefunden	berechnet
Knospenkeule	1,9		0,37		1,53	
Keule warm	2,34	(2,24)	0,43	(0.44)	1,85	(1,78)
Keule verblüht	7,66	(7,3)	1,51	(1,43)	6,1	(5,9)

V. Eiweiss- und Amidkörper.

	Eiweiss	Amide	Verhältniss
Knospenkeule	9,56	3.48	1 : 2,7
Warme Keule	11,4	4,05	1 : 2,8
Verblühte Keule	38,1	14,23	1 : 2,7

VI. Pflanzensäuren (als wasserfreie Aepfelsäure berechnet).

	Gefunden	Auf Knospentrockensubst. berechnet	Demnach Zunahme
Knospenkeule	2,34		
Warme Keule	2,62	(2,7)	0
Verblühte Keule	13,24	(9,03)	4,21 (1,0)

Die Zusammensetzung der Keule an physiologisch werthvollen Stoffen vor dem Aufblühen ist also folgende:

1. Die Keule besteht aus fast genau 3/5 Wasser und 2/5 Trockensubstanz (C, I).

2. Von der Trockensubstanz besteht weitaus der grösste Theil (77,8 %) aus Kohlehydraten und zwar beträgt das Amylum nahezu 66%, „der Zucker“ etwa 12 % (C, III).

3. Stickstoffhaltiger Substanzen sind lösliche und unlösliche. Die unlöslichen, ohne Zweifel dem Protoplasma und den Eiweisskörpern zugehörig, betragen 9 % (C, V), die löslichen nur wenig mehr als 3 %.

4. Die Pflanzensäuren betragen nachweislich etwa 2 %.

Die Veränderungen, die während der Erwärmung vor sich gehen, sind nun folgende:

1. Während der Erwärmung, wie wir hinzufügen wollen, binnen weniger Stunden, verliert die Keule im Durchschnitt 74,1 % ihrer Trockensubstanz (C, I), also fast genau 3/4 derselben — ein im Pflanzenleben sonst unerhörter Vorgang. Man beachte, dass Samen bei wochenlanger Finsterkeimung kaum die Hälfte ihrer Substanz einbüssen.

2. Nachweislich verschwinden während derselben Zeit alle Kohlehydrate, Stärke und Zucker, im Betrag von 77,8 % (C, III). Diese Kohlehydrate decken nicht allein den wirklichen Trockensubstanzverlust; es bleiben offenbar von denselben noch Reste (3,7 %) in Form anderer Körper in der Keule übrig.

3. Die stickstoffhaltigen Körper — lösliche und unlösliche (Eiweiss und Amidkörper) bleiben in ihrem quantitativen Verhältniss merkwürdiger Weise bei der Erwärmung völlig unberührt (C, IV und V).

4. Die von Anfang an in der Keule befindlichen Pflanzensäuren vermehren sich bei der Erwärmung ansehnlich. Die gefundenen Thatsachen lassen sich ungezwungen so deuten, dass sie aus dem nicht zu CO_2 verbrennenden Reste der Kohlehydrate entstehen; und zwar entstehen aus den Kohlehydraten während der ersten Erwärmung nicht sogleich Säuren, sondern (mir zunächst) unbekannte lösliche Körper, die sich erst in der zweiten Hälfte der Erwärmung in Säuren umbilden, so jedoch, dass noch ein Rest jener Körper übrig bleibt (C, II Columne 4 und C, VI).

1. Wasser und Trockensubstanz.

Die Arumkeule (ohne Stiel) ist in Trockensubstanz und Wassergehalt, wenigstens zur Zeit des Aufblühens, nicht mit gewöhnlichen vegetativen Organen zu vergleichen;

sie ist so reich an Trockensubstanz, dass sie nur mit den mehlreichsten Reservestoffbehältern oder mit frischen mehligen Samen verglichen werden kann.

Der mittlere Gehalt der Knospenkeule an Wasser beträgt 61,1 %, die Trockenmasse demnach 38,9 %. Es übertrifft also die Keule auch die substanzreichste Kartoffel an fester Masse noch um 7 % (Ebermayer, Phys. Chemie d. Pflanze S. 26), steht dagegen allerdings noch um 5 % gegen die wasserreichsten Eicheln zurück (a. a. O.). — Dieser Gehalt der Keule unmittelbar vor dem Aufblühen schwankt innerhalb eines Jahres und Standorts nur wenig. Einmal fand ich (man vgl. Tabelle I, I n. 1) nur 36,3, in einem Falle dagegen 40,8 % Trockensubstanz. Dagegen kann ähnlich, wie dies bei mehligen Samen oder Knollen der Fall ist, der Trockengehalt je nach dem Jahrgang ansehnlichen Schwankungen unterliegen. Die Angaben über Trockensubstanz, wie ich sie eben machte, beziehen sich auf den Frühling 1883. — Im Frühjahr 1884 wurde die Trockensubstanz jenes Jahrgangs nur ausnahmsweise und annähernd erreicht (37,6); es zeigten die Keulen gewöhnlich nur etliche 30 %, ja der Gehalt ging auf 29 % herunter. Es setzt dies ein der Production von organischer Substanz ungünstiges Jahr voraus.

Arum maculatum (aus den Elsterauen bei Halle stammend) zeigt (vgl. Tabelle I, I n. 5) schwankt mit seinem Substanzgehalt in ähnlichen Grenzen, wie das *Arum italicum*; derselbe ist eher noch ein klein wenig grösser. Bei 9 Exemplaren die am 25. Mai (1883) Nachmittag 2 Uhr eben anfingen sich aufzurollen, ergab sich ein Durchschnittsgehalt von 41,0 % (Frischgew. 4,217, Trockengew. 1,729); bei einem Exemplar, das in der Spatha bereits einen 4 mm breiten Schlitz hatte, fand ich 42,2 % (frisch 0,346 trocken 0,146). Es ist also in diesem Falle das *Arum* unserer Klimate sogar etwas besser mit Brennmaterial ausgerüstet als das italienische.

Diese Zusammensetzung aus Festem und Flüssigem ändert sich nun während der Verbrennung innerhalb 18—24 Stunden ganz ausserordentlich. Man vergleiche zunächst einmal die Tabelle I, I n. 4, welche Trockensubstanz und Wasser am zweiten Morgen nach dem Erwärmungsabend (also ungefähr 36 Stunden nach der Erwärmung) zeigt: da ist das Trockengewicht auf 10,1 % zurückgegangen, der Wassergehalt auf nahezu 90 % (89,9) gestiegen, im Mittel; im Einzelnen kann er auf 91,1 % hinauf und auf 89 % herunter gehen.

Wollte man sich vorstellen, diese Vergrösserung des Wassergehaltes beruhe auf Wasseraufnahme, bei etwa gleichbleibender absoluter Trockensubstanzmenge, d. h. sie sei bloss eine relative; dann müsste jedenfalls eine sehr ansehnliche Vergrösserung

der Keule während der Erwärmung stattfinden. Der sich mehrende Wassergehalt verlangte eine Vergrösserung des Volums der Keule um 1 cc und mehr, wie man aus den Zahlen der Tabelle leicht ableiten kann, eine Vergrösserung, die selbst ohne genaue Messung deutlich wahrzunehmen wäre. Ich habe aber zum Ueberfluss constatirt, dass während der Erwärmungszeit nicht die geringste Längen- oder Dickenvergrösserung vorgeht, eher das Gegentheil (Auftragen von Marken in der Länge, Anlegen des Tastzirkels an genau fixirten Stellen in der Dicke der Keule.*) — Eine solch überwiegende Wasservermehrung bei Nacht ist auch aus dem Grunde nicht wahrscheinlich, weil, wie wir später sehen werden, zur Erwärmungszeit eine überaus grosse Transpiration stattfindet. — Nachdem wir festgestellt, dass die Keulen bei Nacht nicht wachsen, ist auch das oben erwähnte veränderte specifische Gewicht der Keulen hieher zu verwerthen. — Es darf weiter darauf hingewiesen werden, dass, wie jeder Schnitt zeigt, in der Nacht die Stärke aus der Keule spurlos verschwindet und wie Garreau bewiesen (a. a. O.) hunderte von Kubikcentimetern Kohlensäure ausgehaucht werden. — Den unumstöslichen Beweis aber dafür, dass die 74 % verschwundener Trockensubstanz wirklich und nicht relativ verschwunden sind, bringen wir später, indem wir die verschwundene Substanz (Kohlehydrate) wirklich nachweisen. Bei der Keule von *Arum maculatum* fand ich die Consumtion von Trockensubstanz ähnlich, ja noch etwas grösser; sie sinkt bis 9,9 % herab. — —

Ein solcher Substanzverlust, in so überaus kurzer Zeit, ist ein im Pflanzenreich sonst unerhörter Vorgang; aber ein solcher Substanzverbrauch macht auch allein die ausserordentliche Erscheinung der Erhitzung der Keule begreiflich. Nur durch die Verbrennung eines solchen Kohlenmaterials lässt die Entstehung von Temperaturgraden einsehen, welche weit über die Fieberhitze warmblütiger Thiere hinaus, ja bis an die Grenze der Gerinnungstemperatur des Eiweises hinangehen.

---

*) Statt vieler, nur zwei Beispiele: Möglichst grosse warme Keulen werden Abends 5 Uhr von 1/2 zu 1/2 cm der Länge nach markirt und stehen während der Nacht, wo nachgewiesener Maassen alle Stärke verbrannte, in Wasser. Die Messung am andern Morgen ergab: 1. Beispiel. Die 4 cm lange Keule zeigt in den 2 unteren cm gar keine Veränderung, der 3. cm hatte um 1/2 mm, der 4. um 1 1/2 mm abgenommen. 2. Beispiel: Keule ungefähr 5 cm lang; von den 4 aufgetragenen cm bleiben die 3 unteren ganz ungeändert, der obere hat sich etwa um 1/2 mm verkürzt. — Ich bemerke noch, dass sich nach 1 Tag, bei weiterem Stehen in Wasser die Verkürzung wieder ausglich, wobei die Keulen steif nnd lebendig blieben. Offenbar war die Wasserzuleitung über Nacht zu gering, um den bedeutenden Transpirationsverlust der Keule bei der Erwärmung ganz zu decken; erst nach dem Erkalten glich sich der Verlust wieder aus. — Aus der Thatsache, dass die Keule bei der Verbrennung der Stärke ihre Grösse nicht wesentlich ändert, folgt übrigens, dass der Raum derselben von Wasser eingenommen wird und der grössere Wassergehalt verblühter Keulen hieraus resultirt.

Man beachte, wie klein sich dagegen der Substanzverlust von Dunkelkeimlingen ausnimmt, ein Verlust, den man sonst immer als Beispiel beträchtlicher Verathmung anzuführen pflegt. In dem von Boussingault (Agronomie, Chimie agric. et Physiologie Tome IV, 1868 p. 259—261) gegebenen Beispiel von dem im Dunkel keimenden Mais verloren die Körner in 20 Tagen 47,6 % Trockensubstanz, also (eine gleichmässige Abnahme einmal angenommen) per Tag ungefähr 2,4 %, d. h. etwa 31 mal weniger als unsere Keulen. Bei dem Beispiel des Weizens (l. c. p. 247) wurden in 7 Wochen 57,2 % Substanz, also per Tag 1,2 %, d. i. fast 62 mal weniger als bei uns verloren.

Weiter herunter als bis zum Morgen des 2. Tages nach der Erwärmung braucht der Substanzverlust nicht verfolgt zu werden, ja, weiter zu verfolgen ist kaum möglich. Denn bekanntlich wird am späteren Morgen nach der Erwärmungsnacht der Pollen ausgestreut, im Laufe des Nachmittags verlassen die Insecten den Blüthenstand, und damit ist schon am Abend des ersten Tages der ganze uns interessirende Vorgang beendet. — Keule, Spatha, Antheren gehen dem Absterben entgegen, nur die Fruchtknoten, oft noch einige Zeit von der vertrocknenden Keule gekrönt, entwickeln sich weiter, zu den bekannten rothen Beeren.

Dagegen wollen wir den Substanzverlust noch einmal weiter rückwärts verfolgen und sehen, wie sich derselbe während der Erwärmungszeit selbst macht. Zunächst zeigt die Trockengewichtsbestimmung von Keulen unmittelbar nach der Erwärmungsnacht (Tabelle I, I n. 3), also nach höchstens 18 Stundeu (am Morgen, wo die Narbe mit Tröpfchen bedeckt, der Pollen noch nicht ausgefallen, die Insecten noch durch die straffstehenden Sperrhaare internirt sind), dass weitaus der grösste Theil des Materials schon um diese Zeit verbrannt ist. Wir finden nur noch 11,1 % Trockensubstanz, also nur 1 % mehr, als 24 Stunden später. Es werden demnach, der Regel nach, in höchstens 18 Stunden 71,3 % Trockensubstanz verarbeitet; in den folgenden 24 Stunden nur noch ein weiteres Procent.

Es ist nicht ohne Werth auf diesen Verbrauch fast des ganzen Materials in der ersten Nacht hier ausdrücklich hinzuweisen; denn damit fällt offenbar jede Möglichkeit für eine zweite Erwärmung, wie sie von manchen Schriftstellern als Regel behauptet worden ist, hinweg. Wir kommen auf diese Frage noch zurück. — Dagegen dürfte dies geringe noch verfügbare Brennmaterial hinreichen, um den von mir gelegentlich am Morgen noch beobachteten äusserst geringen thermometrisch messbaren Temperaturüberschuss der Keule zu erklären. In ähnlicher Weise erklärt

sich dann auch die Thatsache, dass die Keulenstiele am Morgen gewöhnlich noch einen messbaren Temperaturüberschuss erzeugen.

Am Tage der Erwärmung selbst habe ich gegen Abend, nachdem also die Blüthen einige Stunden warm geworden, aber noch keineswegs ihr Temperaturmaximum erreicht hatten (zwischen 5 und 6 Uhr), Trockengewichtsbestimmungen vorgenommen. Die Tabelle I, I n. 2 zeigt, dass die Keulen um diese Zeit im Mittel 32,9 % Trockensubstanz besitzen, also bereits 15,4 % verloren haben.

Aus den bisher gegebenen Daten über den Trockensubstanzverlust lassen sich, wenn auch das Bild nicht vollständig wird, einige Schlüsse über die Schnelligkeit der Substanzabnahme zu verschiedenen Zeiten machen. Rechnet man — das ist reichlich genommen — die Zeit des Aufblühens bis zur Bestimmungszeit des warmen Kolbens von 2½—5½ Uhr, also 3 Stunden, die Zeit von der Bestimmung der Trockensubstanz der warmen Keule bis zum andern Morgen gegen 10 Uhr, 16 Stunden, von da bis zur Untersuchung verblühter Keulen 24 Stunden, so haben wir

Substanzverbrauch vom Aufblühen bis Abends 5 Uhr	5,1 %
Substanzverbrauch in der Erwärmungsnacht	3,5 %
Substanzverbrauch am folgenden Tag	0,08 % p. Stunde.

Im Mai 1883 habe ich einige Trockengewichtsbestimmungen an *Arum maculatum* (dem Freien entnommen) ausgeführt, welche noch deutlicher zeigen, dass die Verbrennung des gewaltigen Materials in wenigen Stunden vor sich gehen kann und wohl meistentheils thatsächlich vor sich geht.

Während die normale Knospenkeule bei *A. maculatum* über 40 % Substanz enthält, fand ich bei einer Keule, deren Spatha halbgeöffnet war, davon 39,2 %*), bei einer seit Nachmittag warmen Keule Abends 7 Uhr 25,2 %**), Abends 10½ aber nur 11,5—9,6 %***) d. h. in letzterem Falle war nach höchstens 8 Stunden (2½—10½ Uhr gerechnet) das ganze disponible Trockenmaterial schon vollständig verbrannt; denn am andern Morgen, als die Keule kalt und Narben bereits mit Tröpfchen bedeckt waren, fand ich gleichfalls 10—11 % Trockengewicht.†)

---

*)	Keule	frisch 0,355	trocken 0,139—39,2 %.	
**)	Keule	frisch 0,8588	trocken 0,2163—25,2 %.	
***)	2 Keulen	frisch 1,344	trocken 0,1303—9,6 %.	
	1 Keule	frisch 0,680	trocken 0,0743—10,9 %.	
	1 Keule	frisch 1,515	trocken 0,1743—11,5 %.	
†)	1 Keule	frisch 0,3468	trocken 0,0353—10,2 %.	
	1 Keule	frisch 0,5718	trocken 0,0863—11,6 %.	

Noch genauere Bestimmungen über die Schnelligkeit der Verbrennung des Materials innerhalb der Erwärmungszeit werden wir unten bei der Betrachtung des Stärkemehls der Keule mitzutheilen haben.

Es versteht sich übrigens von selbst, dass die Analyse verschiedener erwärmter Kolben, selbst zur nämlichen Stunde ausgeführt, recht ungleiche Resultate ergeben kann; die Menge des verbrannten Materials einzelner Keulen zu einer bestimmten Zeit ist offenbar verschieden nicht nur nach der Stunde des Aufblühens, sondern auch nach der Schnelligkeit und dem Grade der Erhitzung. Diese Factoren sind aber erwiesener Maassen bei verschiedenen Individuen verschieden. Ein Blick auf die Trockensubstanztabelle (I, I u. 2) zeigt auch, dass (um die stets gleiche Analysirungszeit, zwischen 5 und 6 Uhr) manche Keulen erst 1 % (n. 4), andere bereits 10 % Trockenmaterial verbrannt haben. Ja am 24. April 1883 fand ich bei 5 Exemplaren warmer Keulen um die oben genannte Zeit einen Substanzverlust von 19 %*), also binnen weniger Stunden die Hälfte des Gewichts.

Es sei endlich noch der Keulenstiele und ihres Substanzverlustes gedacht. Auch diese erleiden, in ähnlicher aber geringerer Art Substanzverluste, wie zu erwarten war, nachdem eine mehrgradige Temperaturerhöhung derselben constatirt ist. Bei Stielen der Knospe und warmer Keulen fand ich rund 12 %, bei verblühten Exemplaren dagegen rund 8,5 %, das entspricht aber einem Substanzverluste von 66 % gegenüber dem Knospengewichte.

2. Zusammensetzung der Trockensubstanz. Kohlehydrate.

Beim Aufblühen hat die Arumkeule eine Zusammensetzung an organischer Substanz, die am ehesten mit der mehlreicher Samen zu vergleichen ist. Man vergleiche einmal die Liste B, welche wir Eingangs (s. oben S. 263) gegeben haben, mit der Liste der organischen Stoffe, welche Boussingault in den Maiskörnern angibt (Pfeffer, Pfl. Physiol. I 283): die letztern bestehen zum weitaus grössten Theil aus Kohlehydraten, und enthalten deren etliche 70 %, ganz wie unsere Keulen. Der Gehalt an Stickstoffsubstanzen beträgt hier wie dort etwa 10 %, auch der Aschengehalt ist ganz analog (1,8 bezw. 2 %). In Einem freilich weichen sie völlig von einander ab. Die Samen als Ruhezustände der Pflanze enthalten die Wanderform der Kohlehydrate und Eiweisskörper (Zucker und Ammoniakstickstoffe) nicht, in unserer Keule sind sie in ansehnlicher Menge (12,2 % „Zucker“ und 3½ % Amide)

---

*) Abends 5 Uhr 5 Keulen frisch 4,02 trocken 0,79.

vorhanden; in dieser Hinsicht stimmt die Arumkeule, etwa mit der lebenden Kartoffelknolle überein. Auch das Verhältniss des löslichen und unlöslichen Stickstoffs kommt mit dem in vegetirenden Organen überein.

Des Näheren ist die Zusammensetzung der Keule aus den Eingangs gegebenen Tabellen A—C ersichtlich; hier wird es nun unsere Aufgabe sein, über die Bedeutung, welche den Stoffen bei der Erhitzung der Keule zukommt, eine klare Vorstellung zu gewinnen.

Nach den ausführlichen Untersuchungen von Garreau (Ann. scienc. nat. III. Sér. Tome XVI 1851 p. 250—256) über die Vorgänge des Gaswechsels bei der warmen Keule ist es allgemeine Auffassung geworden, die Erwärmung der Keule als die Folge eines überaus lebhaften Athmungsprocesses anzusehen, eines Athmungsprocesses, der sich von dem gewöhnlichen Athmungsvorgang lebender Pflanzentheile nur durch seine excessive Intensität unterscheide. Denn Garreau hat nachgewiesen, dass das wesentliche äussere Kennzeichen der Athmung, die Abscheidung von CO_2 (und Wasser) während der Erwärmung und in gerader Proportion zur Stärke derselben stattfindet.

Naturgemäss hat sich demnach unser Augenmerk zunächst denjenigen Stoffen zuzuwenden, welche bei der Athmung überhaupt in Frage kommen.

Seit den Boussingault'schen Untersuchungen über die Keimung (z. B. Compt. rend. 1864 Tome 58 p. 881 sqq.) war man gewöhnt die stickstofffreien Substanzen, zumal die Kohlehydrate und Fette als in erster Linie und wohl auch ganz allein in Mitleidenschaft gezogen zu betrachten; erst in neuester Zeit hat sich die Ansicht Eingang verschafft, dass bei der Athmung auch die Eiweisskörper in Anspruch genommen werden, „dass vielleicht die Lösungsproducte von Stärke u. s. w. in Verband mit Eiweissmolecülen treten und dauernde Zerspaltung dieser bewirken (Pfeffer, Pfl. Phys. I, 346—47)“. Die bisherigen Untersuchungen über die Theilnahme der Eiweisskörper an dem Athmungsprocesse haben aber noch keineswegs zu ganz sicheren Resultaten geführt. — Unter den Zersetzungsproducten, die eventuell bei der Zerstörung von Kohlehydrate und Eiweisskörpern entstehen, waren vor Allem die Pflanzensäuren im Auge zu behalten.

Kohlehydrate: Stärke und Zucker.

In der Knospe besteht weitaus die grösste Masse der Substanz aus Kohlehydraten, sie stellen 77,8 % derselben dar, und von diesen kommen 65,6 % auf Stärkemehl, und 12.2 % „Zucker“ (Tabelle B) — von der Frischsubstanz macht das

25,5 bezw. 4,5 %. Es ist demnach die Keule ungefähr so stärkereich wie eine gute Kartoffelknolle (Ebermayer a. a. O. S. 196). Uebrigens kann, wie aus der Specialtabelle I zu ersehen ist, bei verschiedenen Exemplaren der Gehalt um 10 % schwanken. — Bei *Arum maculatum* fand ich 68 und 69 % Stärke.

Der Zucker oder richtiger die reducirenden Substanzen betragen in Summa 12,2 %. Es sind aber zweierlei reducirende Substanzen vorhanden: 1. eine direct reducirende, die wir wohl richtig als Glycose (Dextrose*), oder Maltose?) ansehen dürfen; 2. eine Substanz oder wohl Zuckerart, die erst nach dem Erhitzen mit einigen Tropfen Schwefelsäure reducirt. Diese wollen wir in Ermangelung eines bessern aber durchaus vorbehaltlich einer späteren besseren Belehrung Saccharose nennen. Was aus den gewonnenen Zahlen zu ersehen ist, ist ein ungleiches Verhältniss der beiden Zuckerarten und zwar ungleich zu Gunsten von Saccharose. So ist z. B. (vgl. Specialtabelle I unter „Zucker") bei 10 % Gesammtzucker 7,9 % Saccharose, bei 13,9 % Gesammtzucker 8,9 % indirect reducirende Substanz vorhanden. — In der einzigen Analyse von *Arum maculatum* fand ich wenig Zucker (4 %). — —

Aus der verblühten Keule sind diese Kohlehydrate, Stärke wie Zucker, der Regel nach spurlos verschwunden (Uebersichtstabellen A, B u. C III). Zahllose qualitative Proben mit Jodlösung, auf den Arumfeldern selbst ausgeführt; zahlreiche Keulen im Laboratorium mit Fehling geprüft, ergaben immer dasselbe Resultat.

Ausnahmsweise kann allerdings noch etwas Stärke rückständig sein; wir werden später bei der anatomischen Analyse der Keulen diese Fälle berühren; auch Zucker kann sich bis nach dem Verblühen erhalten. So fand ich z. B. in einem verblühten *Arum maculatum* (3 Keulen) noch 1,3 % direct reducirende Substanz. In diesen Fällen sind die vorhandenen Kohlehydrate der unverbrannte Rest von einem durch irgend welche Ursachen gestörten unvollkommenen Erwärmungsprocess. Man beobachtet solche partielle Verbrennungen gelegentlich im Freien bei Regenwetter oder niederer Nachttemperatur, häufiger aber, wenn man Blüthenstände abschneidet und im Wasser stehend im Zimmer verblühen lässt.

Bevor wir uns zu weiteren Erörterungen wenden, wollen wir einer Frage, deren Beantwortung mir allerdings zweifellos und fast selbstverständlich erscheint, ihrer Wichtigkeit wegen, doch ein paar Worte widmen; der Frage, wohin die Kohlehydrate beim Verblühen gekommen sind. A priori sind offenbar 3 Möglichkeiten zu erwägen. Die Kohlehydrate können sein:

---

*) Der wässerige Gesammtauszug aus warmen und verblühten Keulen dreht rechts.

1. Zum Wachsthum an Ort und Stelle verwendet,

2. Aus der Keule fortgeleitet z. B. rückwärts in die sich entfaltenden (Antheren) und entwickelnden (Ovula und Fruchtknoten) Fortpflanzungsorgane,

3. Verbrannt an Ort und Stelle beim Athmungs- und Erwärmungsprocess.

Zu 1. Wie ich bereits oben mitgetheilt habe, lässt sich beim Auftragen von Marken auf die sich erwärmende Keule während der Zeit des „Paroxysmus" nicht die geringste Längen- oder Dickenzunahme constatiren. Die Keule wächst vom Moment des Aufblühens sicherlich nicht mehr. Ja ich glaube sogar versichern zu können, dass sie überhaupt wachsthumsunfähig ist, indem sie z. B. beim Niederlegen unfähig ist Schwerkraftskrümmungen auszuführen; diese geschehen eventuell im Stiel derselben. — Auch in der Dicke der Zellwände, in der Menge der vorhandenen Zellelemente ist zwischen aufblühenden und verblühten Exemplaren kein Unterschied. — Unter diesen Verhältnissen ist also absolut keine Möglichkeit abzusehen, wie etwa Stärke und Zucker in Cellulose hätten übergehen können, ein Vorgang, der übrigens auch durch die Rapidität seines Verlaufes seines Gleichen kaum aufzuweisen hätte.

Zu 2. Die Ansicht, dass die Stärke- und Zuckermassen der Keule in Bausch und Bogen über Nacht hinweggeleitet würden, bedarf wohl keiner ernstlichen Behandlung; wohl aber könnte man die Meinung discutiren, ob nicht ein Theil der Kohlehydrate abwärts wandere und beispielsweise den befruchteten Ovarien zur Weiterentwicklung diene. Dem gegenüber will ich bloss die Thatsache feststellen, dass auch isolirte warme Keulen Stärke und Zucker über Nacht völlig einbüssen. Ich habe Dutzendmale eben warm gewordene Keulen mit ihrem Stiel (über den Sperrhaaren abgeschnitten) über Nacht in Wasser gestellt und auf Wärmegang und Substanzveränderung beobachtet. Solche isolirte Keulen machen zwar nicht ausnahmslos, aber häufig genug den Wärmegang regelmässig durch und sind — anfänglich stärkereich — des andern Morgens völlig oder bis auf geringe Spuren stärkefrei, wie man leicht durch Einlegen der ganzen Keulen in Jodlösung constatiren kann. Noch deutlicher spricht die Trockengewichtsbestimmung. Z. B. 2 Keulen vom 17. April ergaben, Abends warm in Wasser gestellt, den andern Morgen:

1. Keule frisch 1,362 trocken 0,056—11,4 %.
2. Keule frisch 1,552 trocken 0,153—9,8 %.

Es bleibt somit gar keine andere Möglichkeit, als die verschwundenen Kohlehydrate in Gasform exhalirt, verathmet anzunehmen. Diese Annahme liegt ja ohnehin klar als richtig vor Augen, seitdem Garreau die gewaltige Kohlensäureaus-

scheidung warmer Arumkeulen festgestellt hat (Ann. scienc. nat. a. a. O.), deren Abstammung aus kohlehaltigem Material des Keuleninnern zwingend sicher ist. Aus den von ihm gefundenen Kohlensäuremengen lässt sich unschwer die Stärkemenge berechnen, welche zu ihrer Production nöthig ist und zeigen, dass die letztere sehr gut mit den thatsächlichen Analysen harmonirt, z. B.:

In dem Versuch p. 253 gibt ein Kolben von 3, 5 Frischgewicht in 24 Stunden 525 cc CO_2. Diese enthalten 0,282 gr Kohlenstoff und geben 0,635 gr Stärke.

In dem Falle, wo p. 254 770 cc Kohlensäure producirt werden, würden 0,4137 C erhalten und daraus 0,931 gr Stärke zu berechnen sein. Diese errechneten Zahlen passen sich aber, wie man sieht, sehr schön den Zahlen an, welche wir direct durch Analyse festgestellt haben. — —

Beim Vergleich der warmen Keulen (Uebersichtstabelle C, III) ergibt sich, dass bereits nach einigen Stunden die Kohlehydrate ansehnlich abgenommen haben. Die Analysen, auf welche sich die hier zu berichtenden Daten gründen, sind alle von Exemplaren, die Abends zwischen 5 und 6 Uhr in lebhaft warmem Zustand getödtet wurden, nachdem sie höchstens in den ersten Nachmittagsstunden, gewöhnlich zwischen 2, 3 und 4 Uhr aufgeblüht waren. Die nun gefundenen Kohlehydrate sind 64,3 %, davon kommen 56 % auf Stärke, 8,3 % auf Zucker. Das ergibt, auf die Trockensubstanz der Knospe als 100 bezogen, eine Gesammtabnahme um 17,4 %, der Stärke allein um 14,7 %.

Ein interessantes Factum an der warmen Keule ist, dass sich das Verhältniss von direct und indirect reducirender Substanz (Glycose und Saccharose) wesentlich geändert hat. Während in der Knospe die Saccharose überwiegt (7—8 % beträgt) ist dieselbe in der warmen Keule in kaum mehr als 1 % vorhanden, dagegen die Glycose zu einer ähnlichen Höhe angewachsen.

Einen Einblick in die Schnelligkeit des Verbrauchs der Kohlehydrate, speciell der Stärke während der verschiedenen Abschnitte der Wärmeperiode, sowie über den Zusammenhang desselben mit der producirten Wärmeintensität und ausgeschiedenen Kohlensäure geben uns die unter No. IV der Tabelle I verzeichneten Analysen. Hier wurden gleichzeitig aufgeblühte und möglichst gleich starke Exemplare zu verschiedenen Stunden d. h. in verschiedenen Stadien der Erwärmung untersucht. Es lässt sich auf diese Weise das Fortschreiten des Verbrauchs ev. von Stunde zu Stunde verfolgen.

Das Resultat, welches aus den 3 Versuchsreihen gleichmässig hervorgeht, ist zunächst, dass der Verbrauch der Kohlehydrate kein gleichmässiger ist. Der Verbrauch

steigert sich zunächst von Stunde zu Stunde, erreicht ein Maximum, und vermindert sich dann, bis zum völligen Aufbruch des Materials. Am schönsten tritt das in dem Versuch vom 1 April 1884 hervor. Hier wurden von 6—7 Uhr Abends 10,2, von 7—8 Uhr 24,6 (es ist dies ohne Zweifel die Zeit des Wärmemaximums), von 8—9 Uhr 11,5 Procente Stärkemehl verbrannt. Um 9½ Uhr war bereits der ganze Stärkevorrath verbrannt. Oder unter der Annahme dass unser oben festgestelltes Knospenmittel von 65,6 % Stärke allgemeine Gültigkeit habe, sind bis Abends 6 Uhr 20,3 %, bis 7 Uhr 30,5 %, bis 8¼ Uhr 54,1 % Stärke verbrannt. — Absolut würden in der Zeit von 6—7 Uhr fast 3 Milligramm Stärke pro Minute verbrannt. — Ein ähnliches ist aus den beiden andern Versuchen zu sehen; nur war hier Abends 9 Uhr noch ⅕ der ursprünglichen Stärkemenge unangegriffen; das zweite Beispiel zeigt aber, dass bis nach Mitternacht nurmehr geringe Reste davon übrig bleiben. Dies Verhalten stimmt ganz mit dem Gang der Erwärmung. Man vergleiche Heft I S. 4—5; es stimmt ferner mit den Erfahrungen über den Verlauf der Kohlensäureproduction, wie ihn Garreau ermittelt hat.

Es bleibt uns noch übrig einen sehr interessanten Punkt zu berühren: den Vergleich des Kohlehydratverlustes mit dem an Trockensubstanz überhaupt. Es zeigt sich bei dieser Gelegenheit, dass mehr Kohlehydrat verschwindet als Trockensubstanz, d. h. offenbar, dass nicht alle Kohlehydrate, die als solche verschwinden, die Keule in Form von CO_2 verlassen, sondern in andere Körper verwandelt in der Keule verbleiben.

Es ist nämlich Trockensubstanz und Stärke

	Trockensubstanz	Stärke
in der Keule	100	77,8
im verblühten Exemplare	25,9	0,0
Demnach Verlust	74,1	77,8

Demnach gehen 3,7 % Kohlehydrat nicht verloren, sondern bleiben in der Keule zurück. Wir werden diese Substanz bei der Betrachtung der „Säuren“ wiederfinden.

Eine weitere Untersuchung zeigt auch, dass der grössere Theil dieser Umwandlungsproducte der Kohlehydrate, wie es scheint, gleich anfangs gebildet wird.

Bis zum Warm werden verliert nämlich die Knospe

an Kohlehydrat	17,4
an Trockensubstanz	15,4
Demnach sind Umwandlungsproducte	2,0

Die warme Keule verliert bis zum Schluss des Processes

an Kohlehydrat	60,4
an Trockensubstanz	1,7
Demnach enstehen Umwandlungsproducte	1,7

3. Die Pflanzensäuren.

Das Gewebe der Keulen, auf blaues Lacmuspapier gedrückt, reagirt in der gewöhnlichen Weise sauer; ein Unterschied in der Stärke gegenüber andern Geweben ist nicht wahrzunehmen. Auch konnte ich, nach dem Augenmaass zu schliessen, einen wesentlichen Unterschied zwischen Knospen, warmen und verblühten Exemplaren nicht sehen; wenigstens liesse sich eine scheinbar stärkere saure Reaction verblühter Exemplare durch die grössere Wässerigkeit des Querschnitts, Knospen gegenüber, erklären.

In Gleichem reagirt auch der wässerige oder weingeistige Extract aus den Keulen, in jedem Entwicklungsstadium sauer und verbraucht beim Titriren zur Neutralisation eine — allerdings sehr geringe — Menge Alkali. Bei genauerem Arbeiten liess sich deutlich ein grösserer Säuregehalt im verblühten Exemplar nachweisen. So fand ich es schon bei getrockneten Exemplaren von *Arum italicum*, wenn ich möglichst gleich grosse Keulen nahm, mit gleichen Mengen Wasser auszog und titrirte. Versuche mit lebenden Exemplaren von *Arum maculatum* sprachen noch deutlicher. So wurde z. B. am 28. Mai von Knospen und verblühten Exemplaren genau ein Cubikcentimeter Substanz mit 30 cc Weingeist zerrieben, nach $1/2$ Stunde filtrirt; darauf ergab 1 cc Flüssigkeit Verbrauch von Natronlauge (1 : 1000) in Tropfen:

Knospe 3 verblüht 6.

Ein zweiter Versuch: Knospe 7 verblüht 11.

Das bewies klar, dass beim Erwärmungsprocess der Keule der Säuregehalt sich mehrt.

Um der Säure etwas näher zu treten wurde eine Bestimmung mit Bleiessig versucht. Da nachgewiesener Maassen in dem wässerigen Extract keine gelösten Eiweisskörper vorkommen, da ferner in *A. italicum* Gerbstoff nicht in bestimmbarer Quantität auftritt, so dürfte wohl — vorbehaltlich einer späteren besseren Belehrung — der Bleiessigniederschlag von den sog. Pflanzensäuren herrührend angenommen werden; es gibt auch eine Erscheinung, die mit einiger Wahrscheinlichkeit auf Vorhandensein von Aepfelsäure bezogen werden kann. Verkohlt man nämlich trockne verblühte Keulen, so bläht sich die Kohle auf und läuft schliesslich auf dem Platin-

blech herum — eine Erscheinung, die bei dem notorischen Zuckermangel in der verblühten Keule auf die genannte Säure deutet. Beim Trocknen zeigen die verblühten Keulen sehr häufig das Ausschwitzen saurer gummiartig dicker Tröpfchen, die später zu weissen Kalkpunkten eintrocknen. — Der wässerige Auszug verblühter Keulen gibt, etwas eingeengt, mit dem mehrfachen Volum Alkohol einen starken weissen Niederschlag; oxalsaures Ammon gibt reichliche Menge gelösten Kalkes an. — Alles das legt die Vermuthung nahe, dass die Aepfelsäure als saures Kalkmalat vorhanden sei. Auf diese Wahrscheinlichkeit fussend, habe ich eine Anzahl Analysen mit Bleiessig ausgeführt und aus den getrockneten Niederschlägen von ev. Bleimalat die Säure als wasserfreie Aepfelsäure berechnet.

Das aus den Einzelbestimmungen (Tabelle I unter „Pflanzensäuren") erhaltene Gesammtresultat lautet:

	Gefundene Aepfelsäure in % der jeweiligen Trockensubstanz	Berechnet auf Aepfelsäure der Knospe	Differenz
Knospe	2,34	0	0
Warme Keule	2,62	2,7	0
Verblühte Keule	13,24	9,03	+ 4,21 % = 1,09 % auf Knospentrockensubstanz.

Aus dieser Aufstellung geht hervor:

1. Dass anfänglich, im ersten Erwärmungsstadium, eine Vermehrung der Säure nicht statt hat;

2. Dass sich aber bis zum Schlusse der Wärmeperiode eine Vermehrung von 1 % der Knospentrockensubstanz herstellt.

Bei der Frage, woher die neugebildete Säure stamme, eine Frage, die, wie mir scheint, hier mit vieler Sicherheit gelöst werden kann, wird es von wesentlichem Nutzen sein, wenn wir uns vorher mit den Resultaten einer andern Untersuchung bekannt machen, die in gewissem Zusammenhang mit dieser Frage steht: die Frage nach der Quantität des Löslichen überhaupt.

In der Uebersichtstabelle C II sind die Quantitäten dessen, was im Wasser überhaupt löslich ist, aufgeführt. Es zeigt sich, dass enthält

Knospe	18,8 %	
Warme Keule	21,1 %	
Verblühte Keule	40,1 %	der jeweiligen Trockensubstanz.

Wir sind durch diese Zahlen im Stande, festzustellen, was uns vom Löslichen noch unbekannt ist (vgl. Uebersichtstabelle C II).

Bekannt ist von dem Löslichen (vgl. Uebersichtstabelle C III, V und VI)

	Zucker	Amide	Säure	Summa
bei der Knospe	12,2	3,48	2,34	18,02
bei der warmen Keule	8,3	4,05	2,62	14,97
bei der verblühten Keule	0	14,23	13,24	27,47

Demnach fehlen oder sind unbekannte Stoffe

	Von der jeweiligen Trockensubstanz	Auf Knospensubstanz berechnet
in der Knospe	0,78	0
in der warmen Keule	6,13	5,1
in der verblühten Keule	12,63	3,24

Diese Zahlen als verlässig vorausgesetzt, ergibt sich somit einmal, dass während der Erwärmung Lösliche für uns aber unbekannte Stoffe entstehen, ferner, dass diese Substanzen sich im Anfange des Erwärmungsprocesses anhäufen, später aber zum Theil wieder verarbeitet werden.

Es mag nicht unerwähnt bleiben, dass auch bei der Keimung der Maiskörner von Boussingault eine Vermehrung „unbestimmter Stoffe" gefunden worden ist (vgl. Pfeffer, Pfl. Phys. I, 283); ein Gleiches bei Detmer (Keimung ölhaltiger Samen S. 39 und 40).

Kehren wir nun zur Frage nach der Herkunft der Säuren und auch dieser eben besprochenen unbestimmten Stoffe zurück, so ist kein Ausweg, sie anders als von den Kohlehydraten abzuleiten. Sie allein können in letzter Instanz das Material zu ihrer Bildung sein; man braucht nur die Uebersichtstabelle C zu übersehen, um sofort zu erkennen, dass andere Substanzen zu ihrer Bildung höchstens die Nhaltigen Körper wären — allein diese bleiben bei dem Erwärmungsprocesse, soweit sich sehen lässt, ganz unverändert.

Das oben geschilderte Verhalten der unbestimmten löslichen Substanzen legt die Annahme sehr nahe, dass aus den Kohlehydraten zuerst andere, unsere unbekannten Körper entstehen, und dass aus diesen dann die Pflanzensäuren oder um ganz correct zu werden, die mit Bleiessig fällbaren Körper hervorgehen.

4. Die stickstoffhaltigen Substanzen.

Auf die Wichtigkeit, welche beim heutigen Stande von der Athmung den Nhaltigen Substanzen beigemessen wird, ist schon eingangs hingewiesen worden und man sollte meinen, dass, wenn irgendwo, bei einem Athmungsprocess von so beispiel-

loser Intensität, wie er sich in der heissen Arumkeule abspielt, die Betheiligung der Stickstoffbestandtheile hervortreten müsse und wahrgenommen werden könne.

Es sind aber 2 Fragen, allerdings von ungleicher Bedeutung, die hierbei ins Auge zu fassen waren: einmal war es nicht ohne Interesse die Bilanz des Gesammtstickstoffs zu discutiren. Denn die Frage, ob beim Athmungsprocess N-haltige Substanzen für die Pflanze zu Verlust gehen (ausgeschieden werden), wird zwar von den Meisten im verneinenden Sinn genommen; doch ist sie keineswegs über allen Zweifel entschieden: den exakten dabei maassgebenden Untersuchungen Boussingault's, welche die Unveränderlichkeit der Stickstoffquantität behaupten (Compt. rend. 1864 T. 58 p. 883), stehen andere Angaben mit grösseren oder kleineren Verlusten gegenüber (vgl. Detmer, Keimung ölhaltiger Samen S. 65—68; Pfeffer, Pfl. phys. I, 284 u. s. w.). Die weitaus wichtigere Frage, welche zu entscheiden war, ist die, ob beim Athmungsprocess eine Spaltung der Eiweisskörper, speciell die Bildung von löslichen Stickstoffproducten (wie Amidkörper) stattfindet. Für diesen Fall genügte es nicht, wie für den ersten, Anfangs- und Endstickstoff zu bestimmen, es musste hiezu auch in den Zwischenstadien (in der warmen Keule) nach solchen Körpern gesucht werden.

Um diesen Fragen zu genügen ist

1. der Gesammt-N-Gehalt in 3 Stadien (Knospe, warme und verblühte Keule) elementaranalytisch festgestellt,

2. in eben diesen 3 Stadien auch die wasserlöslichen und -unlöslichen Stickstoffkörper in ihrem quantitativen Verhalten bestimmt worden. —

Vorerst ist hervorzuheben — eine Thatsache, welche die Untersuchung wesentlich erleichterte — dass, wenigstens in der vorliegenden trocknen Arumkeule, keine anorganischen stickstoffhaltige Substanzen vorkommen. In dem wässerigen Extrakt ward sowohl auf Ammoniak (durch Nessler'sches Reagens), als auch auf Nitroverbindungen mittelst Diphenylamin und Brucin umsonst gesucht.

Bei der Frage, welche organische N-haltige Körper im wässerigen Auszug der Keulen den Stickstoffgehalt verursachen, sind wiederum lösliche Eiweisskörper und Peptone auszuschliessen. Ich darf mich begnügen darauf hinzuweisen, dass alle Erkennungszeichen für Albumine und Peptone bei wiederholten genauen Prüfungen am kaltbereiteten Keulenauszug wirkungslos blieben. So z. B. für lösliche Eiweisskörper neben Aufkochen, Millon'sche Probe, Kupfervitriol und Kali, Ferrocyankalium und Essigsäure; für Peptone Kupfervitriol und Kali oder Phosphorwolframsäure.

Dagegen zeigt sich nach dem Kochen des Extrakts mit Schwefelsäure eine

sehr starke Reaction auf Ammoniak — ein Beweis, dass ansehnliche Mengen amidartiger Körper vorhanden sind. Unter diesen Verhältnissen trug ich kein Bedenken, den durch Elementaranalyse gefundenen löslichen Stickstoff als Asparagin zu berechen — ein Verfahren, das ja überhaupt der Richtigkeit der unten behaupteten Resultate keinen Abtrag thun kann.

Resultate.

1. Der procentische Gesammtstickstoff der Knospe stimmt mit dem Gehalt, wie ihn Knollen z. B. die Kartoffelknolle (Ebermayer a. a. O. S. 665) aufweisen, nach dem Verblühen steigt er zum Stickstoff der Samen auf (Lupine z. B., a. a. O.). Vgl. Uebersichtstabelle C IV. Berechnet man den bei der Knospe gefundenen Stickstoff auf die jeweilige Trockensubsanz der warmen und verblühten Keule, so stimmen die thatsächlich gefundenen und die errechneten Procente so auffallend überein, dass daraus die Unveränderlichkeit des Stickstoffquantums beim Erwärmungsprocess absolut sicher erscheint.

	Gefundener Gesammtstickstoff	Beobachteter Stickstoff
Knospe	1,9	0
Warme Keule	2,34	2,24
Verblühte Keule	7,66	7,3

2. Eine Thatsache von ausserordentlicher Wichtigkeit, die wir constatiren, später aber näher erörtern wollen, ist dass das quantitative Verhältniss des löslichen und unlöslichen Stickstoffs durch alle Stadien der Erwärmung gleich bleibt. Die Uebersichtstabelle C IV ergibt:

	Löslicher	Unlösl. N	Verhältniss
Knospe	0,37	1,53	1 : 4,1
Warme Keule	0,43	1,85	1 : 4,3
Verblühte Keule	1,51	6,1	1 : 4,1

Berechnet man, wie in der Uebersichtstabelle C V den löslichen N als Asparagin, den unlöslichen als Protein, so ergibt sich:

	Asparagin	Protein	Verhältniss
Knospe	3,48	9,56	1 : 2,7
Warme Keule	4,05	11,4	1 : 1,28
Verblühte Keule	14,23	38,1	1 : 2,7

Man sieht, dass der Eiweissgehalt an Eiweisskörpern etwa dreimal so gross ist als der an Amidkörpern (80,5 % Eiweisskörper zu 19,5 % Amiden). Das ist ein Verhältniss wie in vegetativen Organen (z. B. des Löwenzahns, Ebermayer a. a. O. S. 664).

5. Gerbsäure.

Anhangsweise mag hier eine kurze Betrachtung über den in den Arumkeulen enthaltenen Gerbstoff und sein Verhalten bei der Erwärmung Platz finden. Gerbstoff ist bekanntlich von Oser (Sitzungsb. Wiener. Acad. Bd. 72. II. Abth. 1875 S. 171) als Verbrauchsmaterial bei innerer Respiration beansprucht worden, eine freilich nicht weiter begründete Meinung, der sich in jüngster Zeit auch Kutscher (Flora 1883 S. 74) angeschlossen hat.

In *Arum italicum* zwar, obwohl es in den Gefässbündeln einzelne „Gerbstoffschläuche" enthält, konnte makrochemisch an dem zu Gebote stehenden geringen Materiale Gerbstoff weder qualitativ noch quantitativ nachgewiesen werden. Dagegen gab *Arum maculatum*, dessen rothe Färbung schon grössere Mengen versprach, hinreichend brauchbare Resultate.

Es sollte die Frage entschieden werden, ob die Gerbstoffquantitäten vor und nach der Erwärmung gleich blieben. Zur quantitativen Bestimmung der Gerbsäure bediente ich mich der Fleck'schen Methode: essigsaures Kupfer gab in dem wässerigen Extract einen hinreichenden und den bekannten charakteristischen flockig-braunen Niederschlag, der sich bei gelindem Erwärmen besser zusammenzog und als CuO bestimmt wurde.

Einige Beispiele werden die Frage beleuchten:

1. 5 getrocknete Knospenkeulen, äusserlich noch sehr hübsch rothbraun, wiegen 0,927 und ergeben CuO = 0,033.

10 verblühte Keulen, den vorigen äusserlich gleich, wiegen 0,241, verhalten sich nach der Trockensubstanz quantitativ genau wie verblühte Substanz zu Knospensubstanz (10 : 40). Diese Keulen gaben 0,037 CuO im Niederschlag.

2. In ähnlicher Weise ergaben 5 Knospenkeulen von 0,876 Trockengewicht 0,017 CuO, und 10 Stück verblühte von 0,330 Trockengewicht gaben 0,031 CuO. Hier dürften aber, sollte die Substanz der verblühten Exemplare gegenüber den Knospen rot. 10 % betragen, nur 0,219 Trockensubstanz vorhanden sein und auf diese Menge Trockensubstanz berechnet würde man in den verblühten Exemplaren 0,020 CuO erhalten.

3. In Gleichem:

5 Knospen 1,185 wiegend ergaben 0,024

10 verblühte Exemplare im Gewicht von 0,365 ergaben 0,035 CuO,

letztere CuO-Menge wäre aber auf gleiche Knospensubstanz berechnet nur 0,028.

Es ergibt sich aus diesen Bestimmungen, dass bei *Arum maculatum* die Gerbsäure im Erwärmungsprocess nicht verändert wird.

6. Fermente.

Dass in der Arumkeule diastatische Fermente vorkommen, war, nachdem Baranetzky das allgemeine Vorkommen stärkeumbildender Fermente in den Pflanzentheilen erwiesen*), wohl vorauszusehen, und um so mehr zu erwarten, als zur Erwärmungszeit eine gewaltige Stärkemasse in dem kleinen Organ binnen kurzer Zeit zu verzuckern ist. Es lässt sich in der That auf dem von Baranetzky eingeschlagenen Wege ohne Schwierigkeit das Vorkommen diastaseartig wirkender Körper in Keulen jeglicher Verfassung constatiren. Allein das war es nicht, was von Interesse sein musste; wichtiger erschien die Frage: Wird nicht das gewissermaassen plötzliche Auftreten der Wärme mit dem Aufblühen durch die Vermehrung des diastatischen, zur Verflüssigung von Kohlehydrat nöthigen Ferments eingeleitet? Es war die Frage zu entscheiden, ob in der eben sich erwärmenden Keule die Quantität des Ferments sich verändere, eventuell vermehre oder auch Verbrauch stattfinde, das Ferment sich vermindere.

Eine Anzahl nach Baranetzky's Methode angestellter Versuche zeigte mir, dass jedenfalls zur Zeit der Wärmeentwicklung keine Vermehrung, eher eine Verminderung diastatischer Ferments nachzuweisen ist. Es genügt die Versuchsmethode vorzuführen; die Versuche fielen alle in gleicher Weise aus: es wurden 2 tadellose, gleichgrosse und gleichdicke trockne Keulen (ohne Stiel), die eine aus der Knospe, die andere aus der warmen Blüthe stammend, mit Wasser zerrieben 12 Stunden extrahirt und der filtrirte klare, etwas oxalisirende Auszug auf gleiches Volum gebracht. Dieser Auszug wurde klar filtrirten Stärkelösungen (0,25 gr Stärke auf 100 cc Wasser) zugesetzt. In 5 cc Lösung wurde in gleichen Reagensröhrchen mit je 1, 2 und so weiter cc Extrakt versetzt und nach gleichen Zeiten die Wirkung mit dünner Jodlösung constatirt. Während die Probelösung der Stärke durch einen Tropfen Jodlösung tief und rein indigblau wird, tritt je dem Grade der Fermentirung in den mit Extrakt versetzten Gläsern Blaufärbung mit einem Stich in Violett, rein violette, weinrothe, gelblichrothe und schliesslich gar keine Färbung mehr ein.

Die Reactionen in den Reihen mussten, bei gelungenem Versuch, natürlich in gleichem Sinne ausfallen. Es zeigte sich z. B. 5 cc Stärkelösung mit 1, 2, 5 cc Extrakt über Nacht, am andern Morgen

	bei 1 cc	bei 2 cc	bei 5 cc
Knospe	Stich ins Violett	sehr deutlich violettblau	rein violett
Warme Keule	rein blau	Andeutung von Violett	Viel undeutlicher violett

*) Die stärkeumbildenden Fermente in den Pflanzen. 1878.

Dass peptonisirende Fermente nicht vorhanden sind, ergibt sich einfach aus dem bereits oben betonten Mangel aller Peptone.

7. Aschenbestimmungen.

Sie geschahen im Platintiegel bei geringer Glühhitze und ergaben leicht, sowohl bei *Arum italicum* als *maculatum* eine schöne blendend weisse lockere Masse, die an der Luft erst nach längerer Zeit Wasser anzog.

Sie wurden bloss unternommen, um die Quantität der Mineralbestandtheile der Keule kennen zu lernen; lehrten aber nebenbei auch, dass, wie von vornherein zu erwarten, die Gesammtaschenmenge in den verschiedenen Stadien der Erwärmung unverändert ist.

Eine qualitative Bestimmung ergab das Vorhandensein der üblichen Elemente, so z. B. Kali und Kalk, dann Chlor, Schwefel- und Phosphorsäure. Von einer quantitativen Analyse, zu der physiologisch kein Grund vorlag, wurde im Interesse des Untersuchungsmateriales verzichtet.

1. 26 Knospenkeulen von *Arum maculatum* wiegen frisch 16,008 trocken 6,3285 enthalten also 39,45 % Trockensubstanz. Diese ergibt 0,127 Asche = 2,0 % der Trockensubstanz, 0,7 % des Frischgewichts.

30 Stück verblühte Keulen wiegen frisch 14,036 trocken 1,659, enthalten demnach 11,7 % Trockensubstanz. Die Asche beträgt 0,124 = 7,5 % des Trocken- und 0,84 % des Frischgewichts. Rechnet man die 7,5 % auf Knospensubstanz um, so erhält man 1,94 % d. h. also: die Mineralsubstanzen sind bei der Erwärmung quantitativ unverändert geblieben.

2. Eine Probe, mit *Arum italicum* angestellt, gibt, der geringeren Substanzmenge ungeachtet, ein ganz gutes und gleiches Resultat.

Trockensubstanz der Knospenkeulen 0,486 Asche 0,0108 = 2,24 %
der verbl. Keule 0,562 Asche 0,062 = 11,03 %
die letztere %-Menge auf Knospensubstanz umgerechnet ergibt = 2,85 %.

Tabelle I.

Zur Methode. Die Untersuchungen wurden an Trockenmaterial gemacht, das in wohlschliessenden Kapseln aufbewahrt war; übrigens erforderte die Conservirung des Materials keine besondern Vorsichtsmaassregeln, da es sich in keiner Weise zum Verderben geneigt erwies.

Für die Hauptmasse der Untersuchungen wurden die Blüthenstände Nachmittags zwischen 3 und 5 Uhr oder Morgens zwischen 9 und 10 Uhr dem Freien entnommen. Als Knospenmaterial dienten solche Blüthenstände, die mit Sicherheit versprachen den andern Tag aufzublühen; solche Blüthenstände sind an ihrer Grösse, mehr gelblich weissen (nicht mehr grünen) Farbe der Tüte äusserlich, wie an der vollständigen Ausbildung der Blüthentheile im Innern, wohl auch Länge des Stiels zu erkennen. Was als „warm" bezeichnet wird, sind die um genannte Zeit gesammelten völlig offenen Blüthen, die im Laufe der folgenden 2 Stunden zur Abtödtung (durch Hitze von 100—120°) kamen. Es sei ausdrücklich hervorgehoben, dass jede einzelne Keule (durch Anfühlen) auf wirkliches Erwärmtsein geprüft, und dass ausserdem noch der jeweilige Blüthenzustand mitgeprüft wurde (Narbenhaare strahlig entwickelt, Antheren geschlossen, Sperrhaare frisch und straff, Keule meist riechend, Thiere zum Theil bereits vorhanden). — „Verblühte" Keulen wurden in 2 Zuständen genommen. Einmal solche unmittelbar nach der Erwärmungsnacht zwischen 9 und 10 Uhr früh. Da findet man die Narben mit Zuckertröpfchen und zahlreichen naschenden Fliegen besetzt, Antheren noch geschlossen, desgleichen die Sperrhaare straff und frisch, dagegen die Keulen erkaltet. Um diese Zeit oder häufiger am Nachmittag wurden auch eine zweite Kategorie, völlig verblühte Keulen gesammelt. Diese hatten, am Morgen gesammelt, die Erwärmungsnacht bereits 24 Stunden, am Nachmittag gesammelt nur ca. 12 Stunden hinter sich. Im Uebrigen waren diese Blüthenstände, soweit es hier in Betracht kommt, äusserlich und innerlich ganz gleich: Narben schwarz vertrocknet, Antheren geöffnet, Pollen ausgefallen, Sperrhaare welk, die Besuchsthiere entflohen; häufig die Spathen schon welkend.

In allen Fällen wurden die ganzen Blüthenstände rasch ins Laboratorium und dort sofort die Keulen im Luftbad getödtet und getrocknet.

a) Die Trockengewichtsbestimmungen wurden im Luftbad bei 100—120° gemacht.

b) Zur Bestimmung des Wasserlöslichen werden die Keulen fein zerrieben, kalt extrahirt, 18—24 Stunden hindurch. Der wässerige, auf bestimmtes Volum gebrachte Extrakt konnte in Theilen in Hoffmeister'schen Schälchen auf Trockensubstanz und dann zur N-Analyse benutzt werden ($N \times 9{,}43$ = wasserfreies Asparagin).

In weiteren aliquoten Theilen konnte Fehling direct und undirect reducirende Substanz bestimmt werden.

Endlich war aus diesem Extract die Acididät durch Titration mit $^1/_{1000}$ Natronlauge oder der Bleiessigniederschlag herzustellen.

c) Der Filterrückstand wurde benutzt, theils zur Verbrennung mit Natronkalk und maassanalytischen Bestimmung des wasserunlöslichen Sticksoffs ($N \times 6{,}25$ = Protein) theils zur Bestimmung der Stärke.

Zu letzterem Zwecke wurde der Rückstand mit Wasser (100 oder 200 cc), der mit 10 % Salzsäure (10 oder 20 cc) versetzt war, solang (etwa $^1/_2$ Tag) in lebhaftem Kochen erhalten bis eine mikroskopische Probe keine Stärke mehr in den Zellen erkennen liess. In der neutralisirten Flüssigkeit wurde mit Fehling reducirt und das Kupfer als CuO im Platintiegel bestimmt. Die Kohlehydrate wurden berechnet:

$CuO \times 0{,}453$ = Glycose
$CuO \times 0{,}430$ = Saccharose
$CuO \times 0{,}408$ = Stärke.

Ausser Acht wurde gelassen, weil sie physiologisch aussichtslos, Bestimmungen von Cellulose und Kalkoxalat. Alle Analysen beziehen sich, wo nicht ein Anderes bemerkt ist, auf Keulensubstanz (d. h. den „Appendix" der Systematiker ohne Stiel) von *Arum italicum* und auf Material, das im Frühling 1883 (März und April) in der Villa Borghese in Rom gesammelt wurde.

I. Trockensubstanz und Wasser.

1. Keulen aus der Knospe.

Stückzahl	Frischgewicht	Trockengewicht	% Trockengewicht
1	5,153	2,000	38,81
1	3,480	1,336	38,3
1	1,780	0,670	37,9
1	1,854	0,700	37,9
1	3,524	1,278	36,3
1	3,130	1,200	38,3
1	1,878	0,696	37,1
4	11,235	4,580	40,8
11	32,034	12,460	38,9 %.
Mittl. Gewicht einer Keule	2,912	1,133	

1b. Keulen aus der Knospe. Frühling 1884.

		Frischgewicht	Trockengewicht	% Trockengewicht
26. März	1.	1 4065	0.4825	34,3
„	2. Keulenlänge 63 mm	2,8775	1.0795	37,6
„	3. Keulenlänge 45 mm, Keulendicke 9 mm	2,2065	0,7045	32,0
„	4. Keulenlänge 47 mm, Keulendicke 11 mm	3,0690	0.8895	29,0
„	5. Keulenlänge 35 mm, Keulendicke 7 mm	1.9335	0,6135	31,7
27. März	6. 3 Keulen	4.9965	1 4230	28.5
„	7. 4 Keulen	7,3665	2,3515	32,0
1. April	8. 2 Keulen	3.8065	1.3710	36,1
9. April	9. 3 Keulen	5.3465	1,6540	31,2
„	10. 1 Keule	2,2265	0.6740	30,8

1c. Frühling 1884. Trockensubstanz der Keule ohne Stiel einer- und des übrigen Spadix andererseits. Letzterer Theil enthält die Keulenstiele, Sperrhaare, Antheren und Fruchtknoten mit dem kurzen Stiel in der Spatha.

	Frischgewicht	Trockengewicht	% Trockengewicht
1. Keule (Knospe)	1 8410	0,6215	33.7
Geschlechtsapparat	2.0465	0,4015	19,6
2. 3 Exemplare. Keule (Knospe)	4,9965	1.4230	28,5
Geschlechtsapparat	4 7115	1,327	28,2
3. Verblüht. Keule (Länge 56 mm)	2.3765	0,197	8,4
Geschlechtsapp. (L. 50 mm) (Pollen ausgefallen)	1.4055	0,156	11,1
4. Knospen. a) Keule (60 mm)	1.9995	0,5960	30,0
27. März Geschlechtsapparat	1.5085	0.3865	25,7
„ b) Keule (40 mm)	2 1785	0,7255	33,4
Geschlechtsapparat (65 mm)	2 0865	0,3555	17,1
„ c) Keule (45 mm)	1,9585	0,6565	33,6
Geschlechtsapparat (60 mm)	1,3935	0,2860	20,6
„ d) Keule (40 mm)	2.5465	0 8005	31,5
Geschlechtsapparat (70 mm)	2,0165	0,3860	19,2
5. Knospe. Keule	1,244	0,417	33,5
9. April. Stiel mit Sperrhaaren	0,441	0,0965	21,9

2. Warme Keulen (Abends zwischen 5 und 6 Uhr).

Stückzahl	Frischgewicht	Trockengewicht	% Trockengewicht
1	1,147	0 415	36 2
1	3,593	1,066	29,6
1	1,323	0,458	34,7
3	4,283	1,623	37,8
4	4,940	1,435	28,8
1	3,498	1,190	34,0
11	18,784	6,187	32,9 %

3. Keulen am andern Morgen (Narben mit Tröpfchen).

Stückzahl	Frischgewicht	Trockengewicht	% Trockengewicht
1	0,746	0.086	11,52
1	1,621	0,172	10,6
1	0,885	0 104	11,71
1	1,109	0.125	11 3
4	4,361	0.487	11,17 %
Mittleres Gewicht einer Keule	1,090	0 1[illegible]2	

4. Keulen am zweiten Tage (Pollen ausgefallen).

Stückzahl	Frischgewicht	Trockengewicht	% Trockengewicht
1	3,133	0,280	8.9
3	5,343	0,566	10,6
5	4.848	0,527	10.8
12	20,650	2.075	10,0
1	1,180	0.110	9,3
1	1,935	0,190	9,8
23	37,089	3.748	10,1 %
Mittleres Gewicht einer Keule	1.612	0,163	

5. *Arum maculatum.*

Stückzahl	Frischgewicht	Trockengewicht	% Trockengewicht
Knospe 1	0,5718	0 2318	40.4
3	1,8898	0.7523	39.8
1	0,8913	0,3498	39 3
3	1,1918	0,4543	38,1
15	9 966	3,9605	39.7
11	6.0425	2.3680	39 2
33	19,5575	7 5665	38.6
67	40.1107	15,6832	39.1 %
Mittleres Gewicht einer Keule	0.598	0,234	

Stückzahl	Frischgewicht	Trockengewicht	% Trockengewicht
verblüht 30 (21. Mai)	14,0365	1,6595	11,8
33	18,1585	1,746	9,6
32	14,4975	1,1830	8,1
24	9,1620	0,7985	8,7
36	17.396	1.8935	10 9
155	73,2500	7,2805	9 9 %
Mittleres Gewicht einer Keule	0,473	0,0470	

6. Keulenstiele.

1) 40 Stück (1883).

a) „Narben mit Tröpfchen“ 9 750 — 0,737 — 7,57 %
b) „Pollen ausgefallen“ 8,745 — 0,695 — 7.95 %

2) Stiele und Keulen verglichen, in verschiedenen Stadien der Entwicklung.

		frisch	trocken	%	Bemerkung
a) 5 Knospenexemplare. 29. März.					
	Keulen (mittl. L. 55 mm)	13,8515	4,9365	35,6	
	Stiele (mittl. L. 25 mm)	1,4540	0,1510	10,4	
	Geschlechtsapparat	7,8005	1,448	18,5	
b) 1 Knospenexemplar. 9. April.					
	Keule	1,244	0.417	33,5	
	Stiele mit Sperrhaaren	0,441	0,0965	21,9	
1 Exemplar „Narben mit Tröpfchen".					
	Keule	1,4065	0,122	23,3	Abgeschnitten, über Nacht
	Stiel mit Sperrhaaren	0,3265	0,0365	11,2	in Wasser stehend.
c) 1. April. Warme Exemplare.					
	3 Exemplare Keulen	4,7135	1,7465	37,1	
	(4 Uhr) Stiele	0,5080	0,0690	13,5	
	2 Exemplare Keulen	3,290	0,951	28,9	
	($5^1/_2$ Uhr) Stiele	0,522	0,063	12,0	
d) eod. „Narbe mit Tröpfchen". 5 Stück.					
	Keulen	14,9435	1,6865	11,3	
	Stiele	1,8715	0,1680	8,9	
e) eod. Verblüht. „Pollen ausgefallen". 15 Stück.					
	Keulen	17,749	1,825	10,3	
	Stiele	1,884	0,169	8,9	
f) 11 Stück verblüht. 29. März.					
	Keulen	18,509	1,7165	9,3	
	Stiele	1,9635	0,161	8,2	
g) 9 Stück „Narbe mit Tröpfchen".					
	Stiele	1,3015	0,1095	8,4	
h) 3 Knospen noch tief in den Blattscheiben sitzend, nur die obere Hälfte als grüne Spitze frei. Gesammtlänge des Blüthenstandes 110 mm, Keulen 30 mm, Stiele 15 mm lang.					
	Keulen	2,675	0,703	26,3	
	Stiele	2,255	0,346	15,4	

II. Stärke.

		Trockensubstanz der ganzen Keule	Stärke	% der Trockensubstanz
Knospe.	1.	0,8934	0,6051	67,7
	2.	0,7705	0,4928	63,9
	3.	0,501	0,3263	64
	4.	0,7933	0,4617	59,5
	5.	1.336	0,932	69,7
		4,2942	2,8179	65,6
A. maculatum	3 Knospen	1,1955	0,8323	69,6
	3 Knospen	0,6145	0,4202	68,4

	Stückzahl	Trockengew. d. Keule	Stärke	% d. Trockensubst.
1.	3	1,623	0,8808	54,2
2.	1	0,666	0,368	55,3
3.	1	0,455	0,2715	59,9
4.	1	0,8130	0,4447	54,7
	6	3,557	1,9650	56,0

Keulenstiele. Untersuchung an Weingeistexemplaren. Die Procentzahlen sind demnach, da durch den Alcohol ein Theil der natürlichen Trockensubstanz extrahirt war, zu hoch, aber unter sich doch wohl vergleichbar. Je 10 Stück.

	Trockensubstanz	Stärke	%	Getrockneter Rückstand
Warme Keule	0,179	0,0775	43,3	0,0145
„Narben mit Tröpfchen"	0,1385	0,0321	23,2	0,0170
Verblüht	0,111	0,01378	12,5	0,0260

Parthie des Spadix von den Sperrhaaren (inclusive) ab bis zu den Antheren. I. Am Morgen nach der Erwärmungsnacht, Narbe mit Tröpfchen. II. Der völlig verblühten Pflanze. — Je 5 Stück.

	Trockengewicht	Stärkemenge	% der Trockensubstanz
I	0,0725	0,0399	55,03
II	0,044	0	0

III. Zucker.

Knospe. 1. 0,8934 Trockensubstanz enthält Glycose 0,019, Saccharose 0,071 (7,9) } Zusammen 0,090 = 10,0 %

2. 0,7705 Trockensubstanz enthält Glycose 0,038, Saccharose 0,069 (8,9) } Zusammen 0,107 = 13,9 %

3. 0,3625 Trockensubstanz enthält, alles als Glycose berechnet, 0,0511 = 14,1 %

4. 0,7933 Trockensubstanz enthält, alles als Glycose berechnet, 0,0952 = 12,0 %

Im Mittel 2,8197 Trockensubstanz enthält 0,3433 Zucker = 12,2 %

Warme Keule. 1. 3 Stück wiegen frisch 4,283, trocken 1,623, enthalten demnach 37,9 % Trockensubstanz.
Glycose 0,087, Saccharose 0,015 } 0,102 = 6,3 %

2. Eine Keule von 0,5945 Trockengewicht enthält direct reducirenden Zucker nicht, nach der Invertirung aber 0,0487 = 8,2 %

3. 4 Keulen von 1,435 Trockengewicht (28,8 %) enthalten
Glycose 0,1263 (9,3), Saccharose 0,0309 } 0,1572 = 10,9 %

4. Eine Keule trocken (0,813) enthält Glycose 0,0657 = 8,0 %

Im Mittel 8,3 %

Von *Arum maculatum* enthalten 3 Knospen (1,1955 Trockengewicht) direct reducirend 0,0507 Glycose = 4,2 %

IV. Stündliche Keulen-Analysen.

a) Am 1. April 1884 um 4 Uhr Nachmittags frisch gepflückte eben geöffnete Blüthenstände werden in's Zimmer genommen und zu verschiedenen Stunden je 2 möglichst gleiche Keulen durch rasches Eintauchen in Alcohol abgetödtet, dann an der Luft getrocknet. Die Entnahme geschah um 6 Uhr, 7 Uhr, 8¼ und 9½ Uhr.

1. Aeusseres. Die getrockneten Exemplare verriethen schon äusserlich einen sehr verschiedenen Substanzgehalt; so waren z. B. die um 6 Uhr gepflückten Keulen nur wenig, die von 9½ Uhr dagegen sehr stark zusammengefallen.

2. Trockengewichte der je 2 Keulen bei 110°.

6 Uhr	0,7295
7 Uhr	0,4595
8¼ Uhr	0,3965
9½ Uhr	0,2200

3. Stärke. Die verzuckerte Flüssigkeit auf 200 cc gebracht, ergab

	in 20 cc CuO	daraus Gesammtstärke	%	Verbrauch pro Stunde
6 Uhr	0,081	0,3304	45,3	von 6—7 Uhr 10,2 %
7 Uhr	0,0395	0,1611	35,1	von 7—8 Uhr 24,6 %
8¼ Uhr	0,011	0,0488	11,5	von 8—9 Uhr 11,5 %
9½ Uhr	keine Spur Reduction!	0	0	

4. „Zucker"

	direct reducirend (Glycose)	nach Kochen mit SO_4 unter Abzug der Glycose als Saccharose berechnet
6 Uhr	0,027 = 3,7 %	0,0503 = 6,9 %
7 Uhr	0,0108 = 2,3 %	0,0223 = 4,9 %
8¼ Uhr	0,0122 = 3,1 %	0,0353 = 8,9 %
9½ Uhr	0,00679 = 3,1 %	0 0

5. „Pflanzensäuren". Bleiessigniederschlag als Aepfelsäure berechnet.

	Bleiessigniederschlag im Ganzen	macht Aepfelsäure	% der Trockensubstanz
6 Uhr	0,1005	0,0367	5,0
7 Uhr	0,0790	0,0288	6,3
8¼ Uhr	0,1065	0,0388	9,8
9½ Uhr	0,1065	0,0388	17,7

b) Am 2. April wurden, wie im vorigen Versuch, gleich entwickelte, aber noch ungeöffnete, das Aufblühen versprechende Exemplare aus dem Freien ins Zimmer genommen. Zwischen 3 und 4 Uhr gingen dieselben auf. Die Abtödtung der je 2 Keulen erfolgte um 4, 7, 9 und 1½ Uhr Nachts; andern Tags wurden sie im Trockenschrank getrocknet.

1. Trockengewicht bei 110°.

4 Uhr	1,580
7 Uhr	1,4075
9 Uhr	0,559
1½ Uhr	0,4525

2. Stärke. 10 cc von 200 cc Gesammtflüssigkeit ergab

	CuO	daraus Gesammtstärke berechnet	%	Verbrauch pro Stunde
4 Uhr	0,113	0,922	58,3	von 4—7 Uhr 1,8 %
7 Uhr	0,0740	0,603	42,9	von 7—9 Uhr 11,2 %
9 Uhr	0,0140	0,114	20,4	von 9—1 Uhr 4,0 %
$1^1/_2$ Uhr	0,0025	0,020	4,4	

3. „Zucker".

	direct reducirend (Glycose)	nach dem Kochen mit SO_4 und Abzug der Glycose
4 Uhr	0,0356 = 2,2 %	0,0021 = 0,1 %
7 Uhr	0,0192 = 1,3 %	0,0537 = 3,8 %
9 Uhr	0	0
$1^1/_2$ Uhr	0	0

c) Ein gleicher Versuch vom 6. April 1884. Um 2 Uhr, möglichst gleichartig aufgeblühte Exemplare wurden um

4 Uhr	also nach 2 Stunden	0,6915 Trockengewicht
5 Uhr	also nach 3 Stunden	0,702
6 Uhr	also nach 4 Stunden	0,3912
$9^1/_2$ Uhr	also nach $7^1/_2$ Stunden Erwärmung getödtet	0,168

1. Stärke.

			Verbrauch pro Stunde
4 Uhr	0,320	46,6 %	von 4—5 Uhr 3,6 %
5 Uhr	0,3019	43,0 %	von 5—6 Uhr 5,5 %
6 Uhr	0,1468	37,5 %	von 6—$9^1/_2$ Uhr 3,8 %
$9^1/_2$ Uhr	0,0408	24,2 %	

2. „Zucker".

	Glycose	Saccharose
4 Uhr	Spur	0,1535 (22,2 %)
5 Uhr	0	0,0838 (11,9 %)
6 Uhr	0	0,0425 (10,9 %)
$9^1/_2$ Uhr	0,0244 (14,6 %)	0,0019 (1,1 %)

V. Gesammtstickstoff der Keulen.

1. Gesammtstickstoff der Knospenkeulen. Aus Trockenmaterial je einer Keule bestimmt.

	Trockengewicht	gefundener N	% der Trockensubstanz
1.	0,771	0,0112813	1,46
2.	0,944	0,012090	1,28
3.	0,619	0,01594	2,5
4.	0,525	0,00904	1,72
5.	0,711	0,01305	1,83
6.	0,530	0,010721	2.02
7.	0,505	0,008018	1,58
8.	0,491	0,01118	2,48
9.	0,267	0,00606	2,26
10.	0,280	0,006433	2,29

Mittel aus den 10 Bestimmungen = 1,94 %.

2. Warme Keulen.

a) Weingeistmaterial.

	Trockengewicht	gefundener N	% der Trockensubstanz
1.	0,303	0,008391	2,7
2.	0,797	0,018646	2,3
3.	0,475	0,0111881	2,3

b) Trockenmaterial.

1.	0,391	0,007924	2,0
2.	0,420	0,011561	2,7

Mittel aus 5 Bestimmungen = 2,4 % oder unter Hinzuziehung der später („löslich und unlöslich") gefundenen Zahlen = 2,34 %.

3. Verblühte Exemplare.

a) Weingeistmaterial.

	Trockengewicht	gefundener N	% der Trockensubstanz
1.	0,0875	0,00745	8,5
2.	0,1550	0,00932	6,0
3.	0,0905	0,008111	8,9

b) Trockenmaterial.

1.	0,2545	0,02138	7,9
2.	0,1970	0,014358	7,2

Mittel aus 5 Bestimmungen = 7,7 % oder nnter Zuziehung der unten noch gefundenen Zahlen = 7,66 %.

VI. Löslicher und unlöslicher Stickstoff.

1. Knospenkeulen.

4 Stück wiegen frisch 11,235, trocken 4,58 (40,8 %).

wasserlöslicher N 0,016968 = 0,37 %
wasserunlöslicher N 0,040463 = 0,88 % } 1,25 % Gesammt-N.

2. Warme Keulen.

2 Keulen (Trockenmaterial) von 0,843 Trockengewicht.

wasserlöslicher N 0,003807 = 0,45 %
wasserunlöslicher N 0,014078 = 1,67 } 2,12 % Gesammt-N.

3 Keulen (Trockenmaterial) von 1,0456 Trockengewicht.

wasserlöslicher N 0,00699 = 0,67 %
wasserunlöslicher N 0,02107 = 2,03 } 2,7 % Gesammt-N.

3 Keulen (Weingeistmaterial) von 0,944 Trockengewicht.

wasserlöslicher N 0,00289 = 0,31 %
wasserunlöslicher N 0,01678 = 1,8 } 2,11 % Gesammt-N.

6 Keulen (Weingeistmaterial) von 3,015 Trockengewicht.

wasserlöslicher N 0,009323 = 0,30 %
wasserunlöslicher N 0,055008 = 1,83 } 2,13 % Gesammt-N.

3. Erkaltete Keulen.

2 Keulen (getrocknet) von 0,280 Trockengewicht.
wasserlöslicher N 0,004386 = 1,57 % }
wasserunlöslicher N 0,013891 = 4,9 } 6,47 % Gesammt-N.

3 Keulen (Trockenmaterial) von 0,3535 Trockengewicht.
wasserlöslicher N 0,006246 = 1,7 % }
wasserunlöslicher N 0,01920 = 5,5 } 7,2 % Gesammt-N.

3 Exemplare (Weingeistmaterial) von 0,2525 Trockengewicht.
wasserlöslicher N 0,003729 = 1,47 % }
wasserunlöslicher N 0,016782 = 6,6 } 8,07 % Gesammt-N.

6 Stück (Weingeistmaterial) von 0,7355 Trockengewicht.
wasserlöslicher N 0,009509 = 1,29 % }
wasserunlöslicher N 0,054821 = 7,4 } 8,7 % Gesammt-N.

VII. Lösungsrückstand.

Knospenkeulen		warme Keulen		verblühte Keulen	
Trockengew. der Keule	Trockengew. des Extracts	Keulengew. (trocken)	Gew. des Extractrückstandes	Keulengew.	Gew. des Extracts
0,795	0,186	0,458	0,086	0,527	0,282
0,800	0,144	1,066	0,130	0,190	0,060
0,710	0,103	0,408	0,105	0,566	0,234
0,349	0,074	0,338	0,082	0,353	0,122
0,696	0,147	1,045	0,296	0,22	0,069
4,580	0,817	3,315	0,699	0.18	0,051
7,930	1,471	21,1 %		2,036	0,818
18,8 %				40,1 %	

Bleiniederschläge.

Knospenkeulen		warme Keulen		verblühte Exemplare	
Troekengew.	Bleigewicht	Trockengew.	Bleigewicht	Trockengew.	Bleigewicht
0,795	0,078	0,458	0,034	0,527	0,165
0,800	0,045	1.066	0,062	0,190	0,108
0,710	0,018	0,408	0,066	0,566	0,164
0,349	0,030	0.338	0,068	1,151	0,331
0,696	0,063	3,417	0,191	0.312	0,085
0,614	0,035	1 302	0,097	0.664	0,213
1,195	0.062	0,991	0,104	0,630	0,179
5,159	0,331	2,142	0,111	0.569	0,159
= 0,1208 Aepfelsäure		1,319	0,088	0,160	0,034
= 2,34 %		11.441	0,821	0 436	0,087
		= 0,2996 Aepfelsäure		4,205	1,525
		= 2,62 %		= 0,5566 Aepfelsäure	
				= 13,24 %	

VIII. Elementaranalysen.

(Belege).

Die bei 100° getrocknete Substanz im Sauerstoffstrom über Kupferoxyd mit vorgelegter reducirter Kupferspirale verbrannt.

a) Verblühte Keule.

1. Angewandte Substanz	0,3170	ergab	0,161 H_2O	=	0,01788 H	=	5,64 %
„ „	„	„	0,507 CO_2	=	0,13827 C	=	43,61 %
„ „	„	„	0,035 Asche			=	11,04 %
2. Angewandte Substanz	0,2455	ergab	0,129 H_2O	=	0,01433 H	=	5,83 %
„ „	„	„	0,398 CO_2	=	0,10854 C	=	44,21 %
„ „	„	„	0,0273 Asche			=	11,03 %

b) Knospenkeule.

1. Angewandte Substanz	0,293	ergab	0,157 H_2O	=	0,01744 H	=	5,95 %
„ „	„	„	0,4705 CO_2	=	0,12831 C	=	43,78 %
„ „	„	„	0,0063 Asche			=	2,15 %
2. Angewandte Substanz	0,193	ergab	0,104 H_2O	=	0,01155 H	=	5,98 %
„ „	„	„	0,311 CO_2	=	0,08481 C	=	43,94 %
„ „	„	„	0,0045 Asche			=	2,33 %

II.

Die Anatomie der Keule.

---

1. Normale Anatomie.

Vor der anatomischen Beschreibung der Blüthentheile des *Arum* wird es von Nutzen sein, sich die äussern Gestaltverhältnisse gegenwärtig zu halten, die ich, soweit nöthig, in ⅓ der natürlichen Grösse auf Taf. I Fig. 1 skizzirt habe: zur Zeit der Blüthe ragt der Blüthenstand, von Blättern umgeben, kurz gestielt aus dem Boden. In dem derbwandigen aussen grünen, innen mattweissen und öfter roth angehauchten Kessel („Tubus“) sind, wie aus der Figur ersichtlich, die Pistille und durch bulböse Haare getrennt die Staubgefässe eingeschlossen. Ueber diesen stehen, den Kesselhals sperrend und abwärts gerichteten die für Parastemonen geltendeu Sperrhaare. Aus dem Kesselhals hervorragend trägt ein schlanker weisser Stiel, die ungefähr gleich

lange, goldgelbe, schwere Keule, die einseitig von der aufrechtstehenden Fahne schirmartig umstellt ist.

Indem ich wegen der systematischen Beschreibung unserer Pflanze einfach auf Engler's Araceae (De Candolle, Monogr. Vol. II p. 591—93) und auf die Abbildungen in Reichenbach, Icon. flor. germ. et helv. T. VII Tab. XI oder Botanical Magazine Vol. 50 Tab. 2432 verweise, sollen hier noch ein Paar Maasse der Blüthentheile Platz finden.

Grössenverhältnisse der Blüthentheile in mm.

	Gesammtlänge d. Blüthenst.	Kessel	Fahne	Gesammtlänge d. Geschlechtsapparats	Stiel	Keule
1. Sehr grosses Exemplar	300	40 (Weite 20)	260	120	37	48 (Dicke 10,5)
2. Mittleres Exemplar	220	(m. Hals) 45	170	110	24	50
3. Desgl.	210	35	160	94	27	35
4. Desgl.	220	35	180	75	17	29
5. Desgl.	180	—	—	85	20	31
6. Desgl.	180	—	140	98	18	47
7. Desgl.	175	—	—	85	22	35
8. Kleines Exemplar	150	—	—	87	23	35

Die Gesammtlänge ist genommen vom Anfang des Kessels bis zur Spitze der Spathenfahne.

Von diesen Theilen sollen eine genaue anatomische Beschreibung nur diejenigen erfahren, welche an der Erwärmung theilnehmen und nur in so weit, als es der dermalige Zweck erfordert. Ausgesprochen gehören hieher die Keule, der Stiel und die Sperrhaare; dann aber auch der Träger der Geschlechtsorgane, und, wenn ich nicht irre, selbst die Spatha.

Wir betrachten diese Theile zuerst, wie sie beim Aufbrechen der Blüthe gebaut sind, und dann ihre Veränderungen bei der Erwärmung. Das für uns wichtige anatomische Detail findet sich auf den beigegebenen Tafeln I und II dargestellt.*)

Die Keule und ihr Stiel.

Die Keule ist anatomisch aus 3 leicht unterscheidbaren Theilen gebildet.

1. Im Innern findet sich (Taf. I Fig. 2, 3, 6, 7), im Längsschnitt nicht ganz 1/3 der Breite einnehmend, ein centrales, hyalines, grossmaschiges Gewebe, in welchem die Gefässbündel nach oben verlaufen; seine Zellen sind wasser- und glycosehaltig.

*) Angaben über den Bau des Blüthenstandsträgers („pédoncule floral") finden sich bei van Tieghem, Structure des Aroidées. Ann. sc. nat. Sér. V Tome VI 1866 p. 107.

Es mag Wassergewebe oder Wassercylinder heissen; denn seine Hauptfunction ist offenbar, Wasser zu halten und abzugeben, wie sich deutlich darin zeigt, dass es, anfänglich wasserreich, nach dem Erwärmen gewöhnlich zerrissen und halb vertrocknet erscheint.

2) Aus einem dicken Parenchymmantel, dessen etwas engere isodiametrische Zellen mit componirten Stärkekörnern vollgepfropft sind und ausserdem reichlich zwischen sich Raphidenschläuche eingesprengt enthalten — der Stärkemantel.

3. Ueberzogen wird das Stärkegewebe nach Aussen von einem papillären, spaltenarmen Epithel, das übrigens gleichfalls stärkehaltig ist und das in gewissem Sinne bloss als die papilläre Aussenseite des Stärkemantels selbst — nicht als wahre Epidermis — angesehen werden kann.

Der Stiel besteht aus denselben Geweben, nur ist bei ihm der Stärkemantel auf eine schmale Schicht von wenigen Zelllagen zusammengeschrumpft und daher resultirt die Schlankheit desselben der Keule gegenüber.

Das Papillenepithel. Der äussere Ueberzug der Keule besteht aus im Grundriss fast isodiametrischen Zellen (Taf. II Fig. 6), die nur in ihrem untern Dritttheil untereinander lückenlos verbunden, nach oben dagegen in stumpfe freie Kegel ausgehen, deren specifische Form aus Fig. 5 zu ersehen ist. In ihrem unteren, verbundenen Theil sind die Zellen mit componirten Stärkekörnern (denen des Stärkemantels ganz gleich) dicht gefüllt, und hier liegt auch der Zellkern*), während die freie Papille nur mit dichtem Protoplasma gefüllt ist, das von sehr kleinen Mikrosomen völlig gleichmässig durchsäet ist. Die Wand der Zellen ist rings gleich dünn und soweit sie frei ist, mit einer feinen gleichartigen Cuticula überzogen. Entgegen den Angaben Garreau's (a. a. O. p. 255) findet sich diese Cuticula an allen Papillen der Keule: behandelt man einen dünnen Querschnitt der Keule mit Jod, so färbt sich das Protoplasma der Papille sehr schön tief braungelb, während ihre Basis von den dicht lagernden Stärkekörnern ebenso wie der ganze Stärkemantel tief blau gefärbt erscheint. Auf Zusatz von SO_4 färben sich die Membranen nun prächtig blau und ist anfänglich nur mit Mühe die braungelbe feine Cuticula zu sehen. In dem Maasse aber, als sich die Cellulose der Aussenwand löst, kommt die Cuticula zum Vorschein und bleibt zuletzt als eine feine, beim Schieben des Deckelglases oft faltig werdende Kappe,

*) Sowie der gelbe Farbstoff, welcher die Keulenfarbe bedingt. Er findet sich übrigens (in einer nicht näher untersuchten Form) nicht bloss im Epithel, sondern auch in 6, 8 ja 10 Schichten des Stärkemantels und bildet sich erst, wenn der Blüthenstand aus der Blattscheide heraustritt. Vorher ist die junge Keule völlig weiss.

allein übrig. Man kann dann mit Leichtigkeit die Cuticula als einen zusammenhängenden Ueberzug der ganzen Keulenoberfläche, sich sogar in die Spaltöffnungen fortsetzend, erkennen. Ich hebe diese Erscheinung ausführlicher hervor, weil Garreau wie gesagt dies Vorhandensein der Cuticula leugnet und den Mangel derselben, zum Zwecke der Sauerstoffabsorption, für besonders werthvoll hält. — Die Grösse der Papillen ist im Längsdurchmesser 45—56, die Höhe etwa 28—33 μ. Gleichmässig zwischen ihnen vertheilt, und in nicht auffallender Aenderung der Vertheilung in den verschiedenen Theilen der Keule kommen, wie gewöhnlich stärkehaltig, Luftspalten vor, deren Lage zu den Papillen aus Fig. 6 der Taf. II zu ersehen ist. Es kommen durchschnittlich 20—23 auf einen □ mm. Das sind wenige, so wenige als gewöhnlich nur z. B. die Blätter von Pflanzen sehr trocknen Bodens aufweisen. Diese auffallend geringe Zahl Spaltöffnungen wird aber begreiflich, und erscheint wohl angewandt, wenn man bedenkt, dass die Keule in erster Linie zur Erzeugung eines ausserordentlichen Wärmeeffectes bestimmt ist und dass unter diesen Umständen Einrichtungen, welche die Transpiration und Verdunstungskälte herabsetzen, also möglichste Beschränkung der Spaltöffnungen, am Orte sind. Vielleicht, dass im Zusammenhang mit dieser geringen Zahl von directen Austrittsstellen für den Wasserdampf die häufige Injection der Intercellularen mit flüssigem Wasser nach der Erwärmung in Zusammenhang zu bringen ist. Die Grösse der Schliesszellen zusammen ist 40,5 und 18,6 μ. Schliesslich mag nicht unausgesprochen bleiben, dass dieses Papillenepithel nicht als eine Epidermis im eigentlichen Sinne d. h. ein Schutzgewebe nach aussen gelten kann; das Einzige, was dazu berechtigte, wäre die periphere Lage und der feine Cuticularüberzug. Dagegen weicht das Gewebe durch seinen Gehalt an Stärke, durch sein, wie wir sehen werden, veränderliches Protoplasma in dem freien Kegel, also durch seine Function wesentlich ab.

2. Der Stärkemantel bildet unter dem ebengeschilderten Epithel eine dicke Parenchymlage, von etwa über 50 Zellschichten (an Keulen mittlerer Dicke d. h. von etwa 1 cm Durchmesser in der Mitte rund 60, gegen die Spitze etliche 50, gegen die Basis etwas weniger als 50) ein wahres Stärkereservoir. Sie besteht aus rundlich polygonalen, intercellularreichen Zellen (Taf. II Fig. 5), welche unter dem Epithel eine Art einreihiger Pallisadenschicht bilden. Ihre Grösse beträgt ungefähr 40 μ; ihre Wand ist dünn, selten punktirt, selbstverständlich unverholzt. Im Innern beherbergen sie neben peripherem Protoplasma und centralem Zellkern (welche deutlich erst bei Anwendung färbender Mittel z. B. Anilinblau oder Carmin zum Vorschein kommen) Massen von Stärke. Sie sind damit (Taf. II Fig. 1) dicht vollgepfropft. Die Körner selbst sind alle componirt, aus 2—4—6 oder zahlreichen Theilkörnern,

und in Folge dessen recht ungleicher Grösse. Die Grösse beträgt gewöhnlich zwischen 5—15 μ im Mittel. Durch die Grösse einer-, die Bildung von componirten Körnern andrerseits unterscheidet sich diese Stärke der Keule und des Stiels von der der vegetativen Blüthentheile: sie bläut sich in der üblichen Weise in Jod, quillt in SO_4 oder KHO u. s. w.; überhaupt konnte ich eine Besonderheit irgend welcher Art an derselben nicht finden.

Zwischen die Stärkezellen sind ziemlich häufig Raphidenschläuche gewöhnlicher monocotyler Bildung*) eingestreut; dieselben sind innen schmal und langgestreckt (wohl bis 10mal länger als die Stärkezellen), nach Aussen zu werden sie bedeutend kürzer, die Amylumzellen bloss ein Paar mal übertreffend. Sie können bis unmittelbar unter das Epithel gehen, gewöhnlich aber bleiben sie durch 1 bis 2 Schichten der Stärkezellen von ihm getrennt.

Ausserdem wird der Stärkemantel durchzogen von seitlichen Abzweigungen der im Wassergewebe senkrecht aufwärts laufenden Gefässstränge. Diese gabeln, wenn sie gegen die Keulenoberfläche gelangen, gewöhnlich noch einmal in horizontaler oder senkrechter Richtung und enden (ohne Anschwellungen) gewöhnlich 3—4 Zellreihen von dem Epithel entfernt. Ihrer Composition nach bestehen sie nur aus Spiral- und Ringfaser- sowie dünnwandigen Elementen.

3. In Mitten der Keule liegt ein überaus grossmaschiger Gewebecylinder, dessen wesentliche Aufgabe Wasserspeicherung ist; er besteht aus weiten (2—3mal weiter als die Stärkezellen) und langen (84—140 μ), ausserordentlich dünnwandigen Zellen mit klarem schwach sauren Saft, der in der Knospenkeule wesentlich nur zuckerhaltig ist: Fehling gibt entweder eine schöne blaue Färbung (Rohrzucker) oder in anderen Fällen eine sehr ansehnliche Reduction von Kupferoxydul (Glycose). Ausser Raphidenschläuchen, die spärlicher als im Stärkemantel vorkommen, verlaufen zwischen ihnen die dünnen Gefässbündel, isolirt und „unregelmässig" angeordnet, etwa 12—20 an der Zahl. Auch von ihrem Bau ist etwas Besonderes nicht zu berichten: sie sind von einer Stärkescheide umgeben, und bestehen ausser Spiral- und Ringfaserzellen nur aus dünnwandigem „Cambiform", in dem sich sehr langestreckte Zellkerne finden und einigen Gerbstoffschläuchen**), deren oft stark lichtbrechender Inhalt durch doppeltchromsaures Kali, wie durch Kupferacetat erkannt wurde.

---

*) Vgl. über dieselben v. Tieghem l. c. p. 76; sie gehören dem 2. Typus an.

**) Sie gehören zur 2. Kategorie der bei Aroideen vorkommenden Schlaucharten. Man vgl. über Aroideen überhaupt De Bary, Vgl. Anatomie S. 451 und früher Hanstein, Milchsaftg. S. 78—79 oder besonders Trecul, Compt. rend. 1865 T. 61 p. 1165.

Ueber den Stielbau, welcher der Keule ganz analog ist, kann ich mich kurz fassen: auch hier schliesst ein papilläres fast spaltöffnungsloses (4—5 auf 1 □mm) Epithel, dessen Zellen gestreckt polygonal und 56—78 μ lang, 28—33 μ breit sind, eine Stärkeschicht von etwa 8—12 Lagen ein, ein Mantel also, der dem der Keule gegenüber beträchtlich reducirt erscheint. Das ganze Innere, weitaus die Hauptmasse des Stiels, besteht aus Wassergewebe, dem der Keule absolut gleich und seine Fortsetzung nach abwärts darstellend, dessen Zellen, wie dort, reich an Traubenzucker, gewöhnlich aber auch (über den Zellkern gelagert) mit zahlreichen kleinen Stärkekörnchen versehen sind; in ihm verlaufen, wie dort, etwa ein Paar Dutzend aussen schwächere, innen stärkere Gefässbündel.

Die schlankpyramidalen, unten zwiebelartig geschwollenen Sperrhaare (vgl. die Figuren 1, 2 und 3 der Tafel I) haben ein feines, wenige Spiralgefässe besitzendes Gefässbündel, einen Parenchymmantel, dessen Reihen selbstverständlich von unten nach oben an Zahl abnehmen, und ein nicht papilläres Epithel mit ganz seltenen Spalten. Alle Elemente, die Epithelzellen nicht ausgenommen, sind mit kleinkörniger Stärke erfüllt, daher die Haare in Jodlösung tief schwarzblau werden (vgl. Taf. I Fig. 3).

Die Rachisoberfläche zwischen Sperrhaaren und Antheren ist mit kaum sichtbaren Zotten bedeckt, deren Epithel zwar auch nicht papillär, aber gleichfalls stärkehaltig ist.

Die Fruchtknotenepidermis der warmen Blüthe ist nicht stärkehaltig, auch nicht, von der Narbengegend abgesehen, papillär. —

Wenden wir uns nun auch zur Anatomie der Spatha.

Dieselbe besteht anatomisch aus einer äussern, spaltöffnungsreichen Epidermis, einem innern spaltöffnungslosen Epithel, einem dazwischen liegenden Parenchym, das aussen chlorophyllhaltig und mit Raphidenschläuchen versehen, innen dagegen kleinzellig und chlorophylllos ist. Der derbere Kessel besitzt eine stärkere Parenchymschicht als der fahnenartige Spathentheil, und in diesem letztern keilt sich diese von der Mitte gegen die Ränder und die Spitze allmählich aus. Das im Allgemeinen parallelnervige Gefässbündelsystem liegt der Aussenseite näher und ist mit der Epidermis durch ein stärkeres oder schwächeres Collenchymbündel verbunden.

Die äussere Epidermis, aus polygonalen, relativ dünnwandigen Zellen bestehend, besitzt auf dem Parenchym zwischen den Gefässbündeln Spaltöffnungen (Luftspalten) ungleicher Zahl an Fahne und Kessel, und zwar ist es letzterer Theil, der eine überausgrosse Ueberzahl besitzt. Man vergleiche die Abbildungen auf Taf. I Fig. 9 und 10. Es kommen hier 50—60 Stück auf die Area des Gesichtsfeldes,

während die Fahne im untern, angrenzenden Theil höchstees 1/5 oder 1/6 davon hat; im mittleren und oberen Fahnentheil sind sie noch seltener, und kommen höchstens 1—2 Spalten auf denselben Raum wie dort. Auch die Form des Spaltöffnungsapparates ändert sich etwas: die Gesammtform wird gegen die Fahnenspitze zu gestreckter. — Der Inhalt der Zellen ist der übliche: Wandprotoplasma, Zellkern, Saftraum. Nur unter den Lösungsproducten des Saftraumes ist ein seltenes Vorkommniss zu verzeichnen, die sog. lösliche Stärke*). Mit wässriger Jodlösung, und wie bei Ornithogalum nicht mit weingeistiger, erhält man eine ausserordentlich schöne und tiefe Violettfärbung des Gesammtzellsaftes, unter gleichzeitiger Gelbfärbung von Wandplasma und Zellkern. — Uebrigens kommt genau dieselbe Färbung auch z. B. im Zellsaft des Blüthenstandsträgers, sowie im Blattstiele vor — ist also keineswegs als eine Besonderheit der Spathenepidermis oder gar als in Beziehung zur Erwärmung stehend zu nehmen.

Das Innenepithel der Fahne (nicht des Kessels) ist spaltenfrei und durchweg papillär; über die Form der Papillen gibt die Zeichnung Taf. II Fig. 9 und 10 Aufschluss; sie weicht von der der Keulenpapillen u. s. w. ab. In der Keulenbasis finden sich die kleinen Stärkekörnchen, wie sie der Spatha überhaupt eigen sind (vgl. Taf. II Fig. 8), nicht die grossen componirten Körner der Keule; Protoplasma und Zellkern sind denen der Keulenpapillen analog gelagert. — Während im ganzen oberen und mittleren Fahnentheil der Spatha wirkliche Papillen auftreten und die Zellen lückenlos aneinanderschliessen, treten im untern Theile allmählich die Erscheinungen auf, welche dem Kesselepithel eigen sind. Dieses besitzt nur mehr kuppelartig gewölbte Aussenwände, nicht eigentliche papilläre Erhebung eines Theiles der Aussenwand. Noch mehr aber ist es durch das Auftreten der eigenthümlichen Intercellularräume ausgezeichnet, die in analoger Art in jüngster Zeit bei einer grossen Anzahl von Blumenblättern gefunden worden sind (Hiller, Ber. deutsch. bot. Ges. II S. 21).

Die Figur 8 der Taf. I zeigt, dass zwischen den polygonalen Zellen (die hier, im untersten Fahnenepithel, noch Papillen haben) dreieckige, auch wohl mehreckige Räume vorhanden sind, welche die ganze Höhe zwischen den Epithelzellen verlaufen, mit den unten liegenden Zellen aber keine intercellulare Verbindung haben. Noch deutlicher tritt das in Fig. 11 der Tafel I hervor, welche das papillenlose Epithel

*) Vgl. darüber Nägeli, Beiträge zur wissenschäftlichen Botanik. Heft II 1860 S. 187—192, wo auch die früheren Angaben von Sanio und Schenk discutirt sind.

aus dem Kessel selbst darstellen. Man sieht hier die darunterliegenden Parenchymzellen und die Selbstständigkeit (Abgeschlossenheit) der Epithelintercellularen.*)

Das unter der Aussenepidermis liegende Parenchym, aus Chlorophyll- und Krystallzellen**) bestehend, ist, so weit ich sehe, ohne besonderes Interesse; dagegen verdient das dem Epithel angelegene, aus etwa ½ Dutzend Zellreihen bestehende, engmaschigere und intercellularärmere farblose Parenchym insofern Erwähnung, als es, wie das Epithel, vorübergehend stärkehaltig ist. Man vergleiche Taf. II Fig. 8. — Ausserdem enthalten alle Parenchymzellen ansehnliche Mengen von Traubenzucker. Wir werden über diesen und die Stärke noch später zu berichten haben.

2. Mikroskopische Veränderungen bei der Erwärmung.

Nur ein Theil — freilich ein bedeutender — der Veränderungen, welche sich in der sich erwärmenden Keule vollziehen, lässt sich aus der bereits gegebenen chemischen Analyse ableiten: die rein stofflichen Veränderungen. Diese werden selbstverständlich dadurch oft sogar besser bekannt, als durch das Mikroskop. Allein alle rein physicalischen Veränderungen, alle blossen Formveränderungen und insbesondere die feinere Vertheilung der Stoffe können erst mikroskopisch festgestellt werden. Nachdem wir im Vorstehenden die normale Anatomie der Blüthentheile in der Knospe kennen gelernt, fragt sich nun, welche mikroskopische Aenderungen erleiden dieselben bei der Erwärmung?

Dabei fragt sich zunächst — welche Veränderungen im Blüthenstande dürfen wir überhaupt als mit der Erwärmung zusammenhängend nehmen. Es ist offenbar, dass diese Frage bloss bei Organen, die ausschliesslich der Verbrennung dienen, wie die Keule, müssig wäre, dagegen bei solchen, die als Haupt- oder Nebenfunction noch

---

*) Der Kessel ist an jungen noch in der Blattscheide eingeschlossenen Blüthenständen kaum angedeutet; da liegt das Spathengewebe fest an die Blüthen an; erst beim Heraustreten ans Licht entsteht ein um den Geschlechtsapparat abgehobener Hohlraum; offenbar durch tangentales Wachsthum der Gewebe der künftigen Kesselwand. Um diese Zeit bilden sich dann auch erst die bauchige Erhebung der Aussenwand und die Epithelintercellularen; sie entstehen als ganz kleine, lufterfüllte, dreieckige Räumchen, bevor die Aussenwand sich wölbt. — Ich möchte nach diesen und andern Erwägungen schliessen, dass sie wesentlich eine Aussparungserscheinung sind; eine besondere physiologische Bedeutung wüsste ich ihnen ohnehin nicht sicher zu vindiciren.

**) An den verblühten, zusammenfallenden Spathen kann man die Krystallnadelbündel sehr schön makroskopisch als feine weisse Strichelchen sehen. Sie liegen, längs gerichtet, in ungefähr 1 mm Abstand, zwischen den feinen Gefässbündeln mit der Dichtigkeit des Geflechts der letzteren zunehmend: sie sind im obern Dritttheil des Kessels noch dichter als auf der Fahne, und scheinen im untern Theil (⅔) desselben zu fehlen.

andere Vorrichtungen in der Blüthe haben, berechtigt und nothwendig erscheint. Hier muss aus der Zeit des Auftretens der Veränderung, aus dem anatomischen Bau selbst, durch Ausschliessung anderer Möglichkeiten u. s. w. der Zusammenhang der Erscheinung mit dem Erwärmungsvorgang erst fest bewiesen werden. Gehen wir in dieser Richtung einmal die Blüthentheile durch.

1. Die Keule und ihr Stiel sind zweifellos bloss Erwärmungsorgane; ihre Haupt- und, soweit sich sehen lässt, einzige Function ist die Herstellung der Wärme (und des Geruchs) zum Zwecke der Insectenanlockung*): das zeigt ihr Bau, zeigen ihre Verännderuugen und Schicksale. Alle hier vorgehenden Veränderungen müssen also als mit der Erwärmung zusammenhängend betrachtet werden.

2. Die Haare, welche am Kesseleingang stehen und den Thieren zwar den Eintritt, nicht aber den Austritt erlauben, habe ich in Rücksicht auf diese ihre Function überall als Sperrhaare bezeichnet. Anfangs und während der Erwärmungsnacht wie am Morgen des zweiten Tages bekanntlich straff abwärts gerichtet, beginnen sie in den ersten Nachmittagsstunden desselben Tages zu welken und geben dadurch den eingeschlossenen Thieren rechtzeitig freien Austritt. Wir werden sehen, dass um diese und etwas vor dieser letztern Zeit der Stärkeschwund in ihnen statt hat; ihr Bau weist ganz darauf hin, dass die Stärke zur Verbrennung dient und wir dürfen ohne Zweifel annehmen, dass das Welken eine Folge des Stärkeverbrauchs und der stattgehabten Verbrennung ist.

3. Abgesehen davon, dass thatsächlich Staubgefässe und Fruchtknoten selbst gar keine Veränderungen während der Wärmeperiode zeigen, ist auch in ihrem Bau kein directer Anhalt zu der Vermuthung gegeben, dass sie selbstständig Wärme entwickeln. Wohl aber ist der Theil der Spindel, an welchem die Staubgefässe sitzen, solchen Veränderungen unterworfen: die wiederholt wahrgenommene Wärme der Geschlechtsorgane wird wohl wesentlich durch Verbrennung der Stärke der Spindel erzeugt.

4. Die Spatha nimmt, wie wir aus ihrem Bau und den stattfindenden Veränderungen schliessen müssen, an der Erwärmung activ Antheil. Doch ist, mindestens was ihren Fahnentheil anlangt, der sich zur Zeit der Erwärmung entfaltet, zu beweisen, dass die Veränderungen nicht auf Rechnung stattfindenden Wachthums zu setzen sind. Beim Kessel fallen diese Bedenken weg, es sei denn, dass man an den unwahrscheinlichen Fall der Stoffrückleitung zur Erwärmungszeit denken wollte.

---

*) Der Name Osmofor a. a. O. p. 75 von Arcangeli vorgeschlagen, welcher die Keule als ein Organ zum Erzeugen von Geruch stempelt, scheint mir doch nicht passend. Der ganze Bau der Keule characterisirt sie vielmehr als Wärmeerzeuger, wenn man also will, als Thermophor.

5. Dass der gemeinschaftliche Stiel des Blüthenstandes (inner- wie ausserhalb der Spatha) keine Veränderungen in der Erwärmungszeit erleidet, lehrt jeder vor und nach der Erwärmung angefertigte Schnitt; besonders frappant wird das Bild, wenn man neben diese Stiel-Schnitte solche aus der erkalteten Keule legt: hier alle Zellen stärkeleer geworden, dort nach wie vor das Parenchym voll kleinkörniger Stärke.

Welcher Art die durch den Verbrennungsprocess hervorgerufenen Veränderungen im Einzelnen sind, haben wir nun bei den Blüthentheilen im Speciellen kennen zu lernen.

Es ist vornherein klar, dass durch keinen Vorgang das mikroskopische Bild so sehr verändert wird, als durch den gänzlichen Schwund der colossalen Stärkemassen. Besonders interessant ist die zeitliche Folge, in der die Stärke in den einzelnen Blüthentheilen, oder im einzelnen Abschnitt der Keule selbst oder endlich, wie sie innerhalb einer Zelle schwindet.

In den einzelnen Theilen des Spadix verhält sich dies im Normalfall so:

1. Aus dem Stärkemantel und den Papillen der Keule verschwindet die Stärke total während der Erwärmungsnacht; sie bleibt nur in den Stärkescheiden und den Schliesszellen (hier für immer) zurück.

2. Aus dem Stiel schwindet sie der Regel nach erst im Laufe des folgenden Morgens völlig.

3. Aus den Sperrhaaren erst im Laufe des Nachmittags des zweiten Tages.

4. In dem Gewebepolster unter den Staubgefässen bleibt die Stärke oft noch länger zurück, während das Centrum der Spindel entleert ist.

5. Aus dem Theil der Spindel, auf dem die Fruchtknoten sitzen, geht die Stärke in der Blüthezeit überhaupt nicht heraus:

Im ganzen Spadix also successive von Oben nach Unten innerhalb 24 Stunden.

Uebersichtlich wird die Erscheinung, wenn man ganze Längsschnitte des Spadix oder selbst ganze Spadices in verschiedenen Stadien des Blühens mit Jodlösung behandelt. Die Uebersichtsbilder I. von der warmen Keule am Abend, II. von der verblühten am folgenden Morgen (Tröpfchen auf der Narbe) und III. von derselben am zweiten Nachmittag nach Entlassung der Thiere fallen folgender Maassen aus:

I. Alle Theile werden schwarzblau, nur das Wassergewebe der Keule, meist auch des Stiels wird gelb. Schon im untern Theil des letztern, besonders aber von der Rachis der Sperrhaare ab ist auch das Wassergewebe blau gefärbt, doch an-

sehnlich schwächer als die peripherischen Gewebe. — Der ganze Spadix von Aussen gesehen erscheint total schwarzblau.

II. Ganze Spadices von Aussen gesehen zeigen 1. die Keule, 2. meist auch die Antheren mehr oder weniger gelb — alles Uebrige wie vorher schwarzblau. — Im Längsschnitt zeigt sich das centrale Rachisgewebe bis in die Gegend der Fruchtknoten gelb. Alles Uebrige, insbesondere Sperrhaare und Unterlage der Antheren tief schwarzblau.

III. Von Aussen gesehen alle Theile bis auf die Fruchtknoten gelb, letztere wie bisher schwarzblau. Im Innern zeigt die Basis der Sperrhaare und das Polster unter den Antheren öfter noch deutliche Stärkereste durch eine hellere oder tiefere graublaue Färbung. —

Eine der merkwürdigsten Erscheinungen ist die Art, wie die Stärke aus der Keule schwindet. A priori könnte man erwarten wollen, dass die Stärke in einer ganz bestimmten Reihenfolge, etwa successive von der Spitze der Keule nach abwärts aufgelöst und verbrannt werde, so, dass man in einem frühen Stadium zuerst die Spitze, später etwa das oberere Dritttheil, die obere Hälfte u. s. w. stärkefrei fände, während die unteren Theile noch stärkehaltig sind. Auch wird man vielleicht erwarten, dass die Stärke eher aus der Peripherie und später aus dem Innern des Stärkemantels schwinde. Die Probe auf den Verschwindensmodus kann sehr leicht gemacht werden, wenn man Längs- und Querschnitte in verschiedenen Wärmestadien mit leichter Jodlösung bestreicht. Da wird alles stärkehaltige Gewebe blau oder blauschwarz, und je nach der Masse der vorhandenen Stärke, verschieden intensiv. Alle stärkelosen Parthien färben sich gelb. Geben diese Bilder auch immerhin nur den Vertheilungsmodus im makroskopischen Groben, so sind sie doch ausserordentlich lehrreich, und fallen ganz anders, als man a priori erwartet hätte.

Es ist gerade nicht selten, dass man am Abend, nachdem die Keulenwärme einige Stunden gewährt, die Stärke in einem der oben angegebenen Modi verschwunden findet; allein die Regel ist das durchaus nicht. Bald sieht man die Ränder, bald das Innere, an das Wassergewebe angrenzende Parenchym des Stärkemantels, bald eher die Spitze, bald eher die Basis von Stärke entleert. Und der Grad der Entleerung vollends ist auf eine kleine Gewebestrecke genauer besehen, wiederum ein verschiedener, es können radiäre, fleckenartige, streifenartige, inselartige Partien oben, mitten oder unten in intensiver entleertem Gewebe unentleert oder wenigstens weniger entleert übrig bleiben — freilich um schliesslich auch entleert zu werden. — Ein Paar Bilder des Entleerungsmodus geben die Figuren 2 a, 3 a b c d, 6 a b d auf Tafel I.

— Wie aber, mikroskopisch genommen, diese Vertheilung sich ausnimmt, zeigt Taf. II Fig. 7. Man sieht hier in einer völlig entleerten Keule die Papillen und die darunter liegende Parenchymschicht sowie einzelne zellen- oder nesterweise zersprengte Zellgruppen noch alle ihre Stärke enthalten — mitten in völlig entleertem Nachbarparenchym. — Bilder, wie das zuletzt angeführte, zeigen, dass die Verathmung der Stärke eine ganz selbstständige Thätigkeit jeder einzelnen Zelle voraussetzt — ein Punkt, auf den wir unten noch zurückkommen.

Kommen wir endlich auf die Art, wie die Stärkekörner in der einzelnen Zelle verschwinden. Bei der dichten Füllung der Zellen ist eine deutliche Wahrnehmung der Vorgänge bei der Stärkelösung erst später, nachdem es in der Zelle lichter geworden, möglich. In diesen späteren Zeiten ist ein Folgendes zu constatiren:

1. Die übrig bleibenden Stärkekörner liegen alle im Wandplasma; es verschwinden also die Körner zuerst aus der Mitte — so fand ich es stets. Die Figuren 2 und noch deutlicher 3 (links) auf Tafel II geben solche Bilder in den letzten Stadien des Schwundes.

2. Die verschwundenen Stärkekörner lassen im Wandplasma, welches dicht genug ist, um so etwas zu zeigen, scharfbegränzte, vacuolenartige Räume zurück, in denen man nicht selten noch kleinere runde Stärkekörnchen findet. Man vergleiche die eben genannten Figuren.

3. Alle restirenden Stärkekörner sind klein, einfach, selten zusammengesetzt — es folgt daraus, dass die grossen componirten und weicheren Stärkekörner zuerst verschwinden, die kleinen und festesten am längsten widerstehen. — Alle restirenden Körner endlich sind abgerundet, nicht eckig, geben mit Jod die reine Blaufärbung, d. h. also die Stärkekörner schmelzen von aussen wohl ziemlich regelmässig ab, eine Corrosion derselben, ein ungleiches Lösen der Stärkegranulose und -cellulose fand ich nirgends.

Dass die Stärke des Stiels in der Erwärmungsnacht nur zum Theil, ganz erst im Laufe des Vormittags des zweiten Tages, dass in den bulbösen Sperrhaaren in gleicher Weise erst am zweiten Nachmittag die Stärke verschwindet, ist bereits berichtet — dass sie verathmet wird, muss einerseits aus der Erwärmung der betreffenden Theile, andrerseits aus dem Umstand geschlossen werden, dass in beiden Organen andre stärkeverbrauchende Processe nicht vorzukommen scheinen. Einen besondern Modus des Schwindens habe ich nicht kennen gelernt.

Hinsichtlich der Spatha erübrigt es noch, eine Bemerkung hinzuzufügen. Dieselbe besitzt sowohl in ihrem Chlorophyll als in dem darunter liegenden farblosen Parenchym Stärke. Die im erstern Gewebe liegende Stärke braucht zur Erwärmungs-

zeit nicht zu schwinden, die des letztern schwindet regelmässig. Der Zeitpunkt des Schwindens ist insofern von Interesse, als sich daraus ein Schluss auf die Verwendung der Stärke machen lässt. Es zeigt sich, dass die Stärke unmittelbar nach der Aufrollung der Fahne noch vorhanden, dass sie dagegen nach der Erwärmungsnacht verschwunden ist. — Das beweist, dass sie nicht etwa zur Arbeit des Aufblühens verwendet wird. Es darf vielmehr aus der Schwindezeit, wie aus andern Gründen geschlossen werden, dass sie verathmet und zu einer geringen selbstständigen Erwärmung der Spatha verbraucht wird. Gründe, welche dafür sprechen, sind z. B. dass auch aus nicht völlig aufgerollten, aber die Erwärmungsperiode durchmachenden Blüthenständen die Stärke verschwindet; besonders aber spricht für eine selbstständige Erwärmung der Spatha, dass sie ein Papillenepithel besitzt, das am Schlusse der Wärmebildung die eigenthümlichen Plasmaänderungen zeigt, wie das Epithel der Keule.

Das normale Verhalten des Zuckers in der Knospe haben wir bereits kennen gelernt; es ist insbesondere das Wassergewebe der Keule, des Stiels, aber auch das ganze Parenchym der Spatha voll Traubenzucker; auch zur Zeit der höchsten Erwärmung ist darin keine Aenderung wahrzunehmen, wenn man ganze Längsschnitte mit Fehling behandelt: überall tiefe orangegelbe Reduction. Zur Zeit, wo die Narben mit Tröpfchen bedeckt sind, ist nur noch im Stiel; in der Spatha aber selbst nach dem Verblühen noch Traubenzucker vorhanden.

Protoplasma und Zellkerne aller parenchymatischen Elemente, zeigen weder in chemischer Reaction, noch in Lagerung vor der Erwärmung etwas besonderes. Jod, Carmin, Anilin, Kupfervitriol und Kali, und andere übliche Reagentien geben die bekannten Veränderungen. Die Lagerung der Plasmamassen ist nirgends auffallend orientirt, in der der Zellkerne (man vgl. z. B. Taf. II Fig. 5 und 7) ist eine besondere Regel nicht vorhanden. Und so wie es vor der Erwärmung war, bleibt es nachher.

Eine alleinige Ausnahme bildet das Protoplasma, das die Papillenkegel erfüllt. Dasselbe ist, wie Figur 4 der Tafel II zeigt, vor der Erwärmung feinkörnig, und ohne Vacuolen oder Stärkeeinschlüsse. Nachträglich hat es, wie das Plasma des Stärkemantels die bereits oben erwähnten Vacuolen. Diese können aber nicht als etwas besonderes betrachtet werden. Höchst auffallend dagegen ist, dass nach der Erwärmungsnacht im Kegel und besonders an der Spitze desselben das Protoplasma völlig homogen geworden, eine stark lichtbrechende etwas gelblich aussehende Masse bildet, die gegen die freie Spitze des Kegels an Intensität der Brechung wächst. Die Massen erinnern nach Aussehen und nach ihrer auffallend tiefen Braun-

färbung mit Jod an das von Errera untersuchte Glycogen der Pilze (L'épiplasme des Ascomycètes. These. Bruxelles 1882). Dagegen zeigt die schöne Färbung mit Millon, ferner die Färbung mit Carmin, Hämatoxylin, Anilinblau, endlich die Hartig'sche Reaction auf Eiweisskörper (Essigsäure, Blutlaugensalz und Eisenchorid, vgl. Bot. Ztg. 1883 S. 211), dass man es zweifellos mit Plasma zu thun hat.

Was die Bedeutung dieser Massen anlangt, so wüsste ich nichts anderes zu sagen, als dass sie ohne Zweifel in Beziehung zur Athmung und Verbrennung zu setzen sind. Das Epithel ist, wie wir gleich ausführlicher sehen werden, für die Verbrennung der Stärke im Innern der Keule absolut nöthig, bewirkt, unterhält dieselbe. In welcher Weise, ob es eine besondere Function dem Sauerstoff gegenüber, oder sonst wie hat, bleibt freilich unbekannt. Daraus, dass diese Veränderung des Plasmas zu einem Zeitpunkt, wo die Wärme fast ihr Maximum erreicht, noch nicht vorhanden ist oder wenigstens nicht vorhanden zu sein braucht, wie ich vielfach constatirt, möchte ich schliessen, dass die ganze Erscheinung erst eine Folge der Papillenthätigkeit ist.

Die Protoplasmamassen der Papillenkegel haben auch eine gewisse Aehnlichkeit mit den von Berthold bei Meeresalgen entdeckten, wie er annimmt, dem Lichtschutz dienenden oberflächlichen Plasmaconfigurationen (Pringsh. Jahrb. Bd. XIII S. 685 ff.). Dass unsere Erscheinung physiologisch mit dem Licht nicht in Beziehung gesetzt werden kann, versteht sich ohne Weiteres von selbt.

Es mag hier auch der Ort sein, um einige Worte über die Bedeutung der Keulenoberfläche resp. der Papillen für das Zustandekommen der Verbrennung zu sagen.

Dass zur Bewerkstelligung des Verbrennungsvorganges Sauerstoffzutritt von Aussen unerlässlich ist, ist sattsam bekannt; nicht dagegen, dass die Wirkung desselben eine ganz locale ist. So wenigstens möchte ich Erfahrungen wie die folgenden deuten: bestreicht man eine warme Keule mit einem feinen Pinsel vorsichtig einseitig, oder an einer ganz begrenzten Stelle (z. B. durch Betupfen) mit reinem Glycerin, oder mit Olivenöl, Substanzen deren Unschädlichkeit an sich gewiss nicht in Zweifel gezogen wird, so unterbleibt an der betreffenden Stelle — und nur an dieser — das Verbrennen der Stärke von der Oberfläche ab auf eine gewisse Tiefe. Man erhält dann z. B. im Längsschnitt pyramidenförmige Gewebeparthien, in denen die Stärke unverbrannt sitzt, ähnlich denen von Fig. 3a auf Tafel I, oder man erhält bei Bestreichen ganzer Keulenhälften Jodbilder wie auf Tafel I Figur 7abc. — Bilder, die den Gedanken aufdrängen, dass der atmosphärische Sauerstoff ganz local und offenbar in radialer Richtung im Innern leichter wirkt als in tangentialer, wenn auch ein

Vordringen desselben in dieser Richtung, wie man aus den Bildern sieht, zweifellos statt hat.

Andere Erfahrungen nun zeigen, dass eine unverletzte Oberfläche, unverletzte Papillen, gleichfalls nöthig ist: Verletzung der Oberfläche wirkt, als ob an der verletzten Stelle der Sauerstoffzutritt behindert sei. Rauhes Anfassen warmer Keulen hat zur Folge, dass am andern Morgen bei Jodversuchen geradezu Fingerabdrücke an der Keule entstehen, indem an den berührten Stellen die Stärke mehr oder minder tief aus dem Innern nicht verschwunden ist. Wie das Anlegen der Thermometer wirkt, ist in den Figuren 4 und 5 der Tafel I frappant dargestellt. Die Figur 7 derselben Tafel zeigt, wie vorsichtiges Abschaben der äussersten Oberfläche wirkt. Ausschneiden eines fadendünnen Spahnes aus der Keulenfläche bewirkt, dass in einer feinen Linie der Keule entlang die Stärke unverbrannt sitzen bleibt.

In diesen Fällen ist offenbar der Zutritt des Sauerstoffs nicht gehemmt, nur die Oberfläche ausser Function gesetzt: sie zwingen, meines Erachtens, zu der Annahme, dass dieser bei dem Verbrennungsprocess eine besondere Aufgabe in der Uebertragung des Sauerstoffs zukommt. Auf welche Weise sie zu einer solchen Specialaufgabe geschickt wird, bleibt vorläufig unbekannt. In Ermangelung eines andern anatomischen Anhaltes, denkt man unwillkührlich an das Papillenplasma*), das ja factisch während des Verbrennungsprocesses Aenderungen zeigt. Dass die Annahme von Garreau, die Papillen besässen keine Cuticula und seien dadurch zur Aufnahme des Sauerstoffs besonders geschickt, unrichtig ist, haben wir bereits oben gesehen. Auch die Annahme, dass die Papillenform, eine andere Bedeutung als eventuell die der Oberflächenvergrösserung habe, muss einstweilen von der Hand gewiesen werden. Bei unserem *Arum* freilich ist jede einigermaassen activ sich erwärmende Oberfläche mit Papillen überzogen. Dagegen gibt es recht energisch sich erwärmende Aroideen, denen die Papillenoberfläche fehlt. So ist z. B. der grosse, nachweislich über 12° Wärmeüberschuss erzeugende Appendix von Sauromatum mit einer glatten, nicht papillären Zellschicht überzogen.

Schliesslich bleibt uns noch übrig zu erwähnen, dass bei der Verbrennung vielleicht ein Körper entsteht, den ich zwar makrochemisch nicht erkannt habe, der mir aber mikroskopisch und zwar nur an Alcoholmaterial aufgestossen ist. Er findet sich in frischem Material an Knospen- oder warmen Keulen ebensowenig als an verblühten.

---

*) Den Papillen im Allgemeinen wurde schon von Garreau (a. a. O. p. 255) eine besondere Bedeutung bei der Sauerstoffaufnahme beigemessen.

Untersucht man aber verblühte Keulen aus Alcohol, so finden sich dann und wann — durchaus nicht immer — krystallinische Bildungen, oft in jeder Zelle. Sie sind, wo sie einzeln in der Zelle auftreten grösser, wenn sie geschaart, bis zu 1 Dutzend erscheinen, undeulich klein. Grössere Krystalle erscheinen mitunter regelmässig octaëdrisch, noch öfter aber sind sie mit abgerundeten Ecken versehen oder biscuitförmig. Sie brechen schwach doppelt. Reagentien haben mir bisher nur unvollkommen Aufschluss gegeben: sie lösen sich nicht in kaltem Wasser, anhaltendes Kochen in Wasser löst aus ihnen eine starke lichtbrechende Substanz, während ein substanzarmes in Chlorzinkjod schwach aber deutlich gelblich werdendes Skelett zurückzubleiben schien. Carmin und Jod färben nicht.

III.

Transpirationsgrösse in der Erwärmungsnacht.

Dass die Arumkeule nicht nur wie jeder andere Pflanzentheil Wasser transpirirt, war selbstverständlich zu erwarten, aber auch mit Sicherheit vorauszusehen, dass in dem erwärmten Organ die Wasserabgabe eine ungewöhnliche sein müsse. Schon wenn man eine warme Keule auf eine kalte Uhrschale oder Glasplatte legt, sieht man dass die Abgabe dunstförmigen Wassers sehr ansehnlich ist (Ausscheidung liquiden Wassers habe ich weder gesehen, noch war sie dem anatomischen Bau nach zu erwarten): sie beschlagen sich augenblicklich mit Wasserdampf, der sich binnen weniger Minuten zu einer förmlichen kleinen Wasserlache condensirt.*)

Versuche über die Grösse der Wasserabgabe einer stark erhitzten Keule in kurzen Zeiträumen hätten vielleicht überraschende Resultate ergeben. Mir schien es angelegener, so gut als es geht, zu erforschen, wieviel Wasser in der ganzen Wärmeperiode abgegeben wird; in der Zeit vom Aufblühen zwischen 4 und 5 Uhr, bis zum andern Morgen (9—10 Uhr). Die angestellten Versuche unterliegen mancherlei Bedenken, von denen unten einige berührt werden sollen.

*) Das Wasser reagirt neutral; vielleicht ein ganz wenig sauer: — Schon Saussure (Ann. de chimie et phys. T. XXI 1822 p. 287 erwähnt die excessive Ausstossung von Wasserdampf bei warmen Keulen.

a) Transpirationsversuche mit Arum italicum.

Meine Versuche über die Transpirationsgrösse der warmen Keule von *Arum italicum* sind in der Stazione agraria in Rom bei der gewöhnlichen Frühlingstemperatur mit jedesmal unmittelbar dem Freien entnommenen, eben geöffneten Blüthen angestellt.

Der einfache Apparat der zum Experimentiren diente war folgender: kurze, wenigstens 1 cm (im Lichten) weite Reagensröhren wurden mit dicht schliessenden, paraffingetränkten Korken, die in der Mitte so durchbohrt waren, dass die Weite der Dicke des Keulenstieles entsprach, und mit Platindrahtschlingen zum Aufhängen an eine chemische Wage versehen.

Nachdem der Apparat so mit reinem Wasser gefüllt war, dass der Kork nicht berührt wurde, wurde eine frische warme Keule über den Sperrhaaren abgeschnitten, in den durchbohrten Kork möglichst luftdicht eingesetzt (was durch den Umstand sehr erleichtert wird, dass der Keulenstiel nach oben sich allmählig verdickt) und zwar so, dass oberhalb des Korkes nur die Keule selbst hervorragte, der Stiel aber beim Einsetzen des Korkes in den Reagenscylinder möglichst tief in das Wasser gesenkt werden konnte. Der auf diese Weise beschickte Apparat wurde sofort genau gewogen und dann über Nacht frei aufgehängt. Am andern Morgen wurde der Apparat auf Unversehrtheit geprüft und wieder gewogen; darauf die Keule, wie sie über dem Kork im Freien stand, abgeschnitten, und gewöhnlich Volum, Frisch- und Trockengewicht bestimmt.

Unter der Voraussetzung eines dichten Verschlusses und normalen Wärmeganges setzte sich der Gewichtsverlust nur aus einem gas- und dampfförmigen Verlust der Keule und zwar aus 2 Factoren zusammen: a) hat die Keule durch CO_2-Exhalation eine beträchtliche Menge Trockensubstanz eingebüsst; b) ist durch die Transpiration Wasser in Dampfform verloren gegangen. Nimmt man an, dass die Keule anfänglich die mittlere Trockensubstanz warmer Keulen besessen, 32,9 %, so ist aus dieser und dem am Schlusse durch Wägung festgestellten Trockengewicht — ohne weiteres, der Trockensubstanzverlust über Nacht, zu berechnen. Freilich wird dabei vorausgesetzt, dass die Wasseraufnahme aus dem Glase eine der normalen gleiche gewesen sei.

Der gefundene Trockensubstanzverlust von dem Gesammtgewichtsverlust des Apparats abgezogen ergibt aber den Wasserverlust. So sicher als es auf den ersten Blick erscheinen mag, ist nun allerdings aber die Rechnung nicht; es ist leicht einzusehen, dass die Factoren, welche wir für unsere Berechnung brauchen, nicht exakt gefunden werden können.

Die Grösse des ursprünglichen Trockengewichts, die wir zur Eruirung des Trockensubstanzverlustes während der Erwärmung nöthig haben, kann selbstverständlich niemals direct bestimmt werden; es bleibt nur übrig, die früher gefundene Mittelzahl einer warmen Keule zu Grunde zu legen. Da die hier beobachteten Keulen zur selben Zeit genommen, zu welcher die Bestimmung jener Mittelzahl geschah (Tab. I, I n. 2), so ist das Verfahren gewiss erlaubt: leider aber weichen, wie man aus der Tabelle sieht, die gefundenen Einzelzahlen oft beträchtlich ab. Es ist unvermeidlich, dass hierdurch im Einzelfalle Fehler entstehen müssen; dieselben dürften sich aber bei der schliesslichen Berechnung des Mittels ausgleichen.

Das am Schlusse des Versuchs von uns gefundene Keulengewicht ist nur unter der Voraussetzung und Annahme zu unserer Rechnung brauchbar, dass die Wasseraufnahme durch den Keulenstiel aus dem Versuchsglase nur soweit geschehe, als Wasser verdunstet wird, dass einfach nur der Transpirationsverlust gedeckt werde. Dass die Wasseraufnahme in dieser Weise geschehen kann, sieht man aus dem Vergleich der in diesem Falle festgestellten Trockengewichtsprocente (s. die folgende Tabelle unter a) mit den früher gefundenen normalen: wir erhalten Procentzahlen die meist den normalen sehr nahe stehen; doch weisen alle Zahlen unzweideutig darauf hin, dass die Wassersaugung in den Gefässen etwas grösser als die normale sein wird. Und unter diesen Verhältnissen wird die Transpirationsgrösse etwas zu klein gefunden.

Die am Ende des Versuchs festgestellten Trockengewichtsprocente geben uns auch sofort zu erkennen, ob die Keule alles verbrennbare Material wirklich verbraucht hat oder nicht. In unsern Versuchen (Tabelle unter c) trifft das nur im ersten zu, in den übrigen bleiben recht erkleckliche Reste. Auch daraus ergibt sich ohne Weiteres, dass die gefundene Transpirationsgrösse zu gering ist.

Alles weist also darauf hin, dass die von uns gefundenen Werthe nur Minimalwerthe sind. Aber sie stimmen gut untereinander überein und fallen, wenn man die Transpirationswerthe von Knospen- und verblühten Exemplaren gegenüberstellt, lehrreich genug aus.

Wir finden:

1. Verblühte und noch nicht aufgeblühte Keulen haben nahezu dieselbe Verdunstungsgrösse; das verdunstete Wasser ist praeter propter $^1/_3$ des Volums der Keule.

2. Die warme Keule verdunstet über Nacht rund dreimal soviel als die nicht erwärmten; auf ein Volum Keulensubstanz wird ein gleiches Volum Wasser ver-

dunstet. Die Gesammttranspiration über Nacht beträgt etwas mehr als das Gewicht der Keule selbst.*)

3. Aus dem eben Gesagten geht ohne Weiteres hervor, dass das verdunstete Wasser weder allein durch Verbrennung der Stärke, noch auch überhaupt aus der Keule gewonnen sein kann; es muss zum grossen Theil aus den tiefer liegenden Theilen herzugeleitet werden.

Uebrigens mag hier der Ort sein, eine Bemerkung über die Bildung von Wasser während des Erwärmungsprocesses zu machen. Dass Wasser gebildet wird, kann wohl keinem Zweifel unterliegen. Die 77 % Kohlehydrate, die in der Erwärmungsnacht zerstört werden, verschwinden nachgewiesenermaassen zu 74 % gasförmig exhalirt. Der Kohlenstoff derselben tritt bekanntlich als Kohlensäure aus; dass auch der H des Kohlehydrats austritt, ergibt sich unmittelbar aus der Elementaranalyse (vgl. diese oben). Ausser in der Form von H_2O sind freilich auch noch andere Körper als die Exhalationsform denklich. Ich habe nie eine Wahrnehmung gemacht, die auf die Entweichung von Wasserstoffgas hindeutete; wohl aber liegen mir zwei Beobachtungen vor, nach denen das Entweichen H-haltiger Verbindungen andrer Zusammensetzung als Wasser gedacht werden kann. Einmal die riechende Substanz, deren Natur zwar unbekannt, die man aber zweifellos als H-haltig anzunehmen hat. Fürs zweite habe ich wiederholt constatirt, dass ein mit HCl (nicht mit andern Säuren) befeuchteter Glasstab die bekannte Nebelbildung zeigt. Es muss dahin stehen, ob die nebelbildende und die riechende Substanz identisch sind — keinem Zweifel aber unterliegt es, dass auch in dieser eine H-haltige Verbindung vorliegt; wohl ein Ammoniakstickstoff. Gegen diese letzte Annahme spricht es nicht, wenn wir keinen Stickstoffdefect constatirt haben. So minimale Substanzmengen wie die riechenden Substanzen, fallen ja ausser Gewicht.

b) Versuche mit Arum maculatum.

Im Mai 1883 habe ich eine Anzahl Versuche mit in den Elsterauen bei Döllnitz erwachsenen jeden Tag frisch dem Walde entnommenen Exemplaren gemacht, die im Ganzen den vorigen gleich, aber dadurch von ihnen unterschieden sind, dass die Versuchsgläser in $^1/_{10}$ cc graduirt waren, und demnach eine gute Abschätzung des gesaugten Wassers bis auf $^1/_{20}$ cc gestatteten. Es konnte also hier die Menge des aufgesaugten Wassers mit der auf dem vorigen Wege durch Rechnung gefundenen Transpirationsgrösse direct verglichen werden.

*) Arcangeli (a. a. O. p. 92) hat durch blossen Calcul $^7/_8$ des Keulenfrischgewichts gefunden.

Die erhaltenen Resultate, so weit sie mit den bei *A. italicum* mitgetheilten verglichen werden können, harmoniren sehr gut:

1. Auf die Volumeinheit berechnet wird, die ganze Wärmeperiode hindurch, fast 1½ mal soviel Wasser als das Keulenvolum beträgt, transpirirt d. h. auf 1 cc Keulensubstanz kommen 1,4 cc Transpirationswasser. Ein Versuch mit der Keulenknospe ergab, dass diese auf 1 cc Substanz nur 0,68 cc Wasser abgibt.

2. Die absolute Menge des transpirirten Wasser beträgt immer mehr, als das Keulengewicht selbst; woraus also auch hier ohne Weiteres folgt, dass die Keule allein das verbrauchte Wasser zu liefern, nicht im Stande ist.

3. Aus dem Vergleich des gesaugten Wassers mit dem durch Rechnung gefundenen ergibt sich stets ein Plus zu Gunsten des erstern d. h. die warme Keule nimmt mehr Wasser auf, als sie transpirirt. Dies Resultat harmonirt gleichfalls mit dem bereits bei *A. italicum* erhaltenen, führt aber, wie leicht ersichtlich, eine kaum zu beseitigende Schwierigkeit mehr in den Calcul ein.

Tabelle II.

I. *Arum italicum.*

a) Knospenkeulen.

Nr.	Keulen- Frischgew.	Keulen- Trockengew.	Keulen- Volum	Wasserverlust p. Nacht	Auf Volumeinheit
1.	3,350	1,124 (33,6)	3,6	1,075	0,29
2.	1,874	0,696 (37.1)	1.9	0,807	0,42
3.	1,990	0,595 (29)	2.1	0,820	0,39
4.	1,280	0,470 (36,8)	1,3	0,435	0,33
5.	1,780	0,670 (37,9)	1,2	0,383	0,32
6.	1,854	0,700 (37,9)	1,75	0,490	0,29
7.	3,524	1,278 (36,3)	3,6	0,595	0,16
8.	4,735	1,590 (33,6)	4,8	0,960	0,20
9.	3,130	1,200 (38,3)	2,5	0,517	0,20
					Im Mittel 0,29

b) Verblühte Keulen.

Nr.	Keulen- Frischgew.	Keulen- Trockengew.	Keulen- Volum	Wasserverlust p. Nacht	Auf Volumeinheit
1.	1,180	0,110 (9,3)	1,4	0,480	0,34
2.	1,935	0,19 (9,8)	2,1	0,615	0,29
					Im Mittel 0,31

c) Warme Keulen.

Nr.	Gesammtverlust	Berechneter Substanzverlust	Demnach Wasserverlust	pro Volumeinheit	Bemerkungen (Keulengewicht)
1.	1,780	0,386	1,394	0,73	frisch 1,705 trocken 0,18 % 10,5 Volum 1,9
2.	1,640	0,264	1,376	0,89	frisch 1,360 trocken 0,185 % 13,6 Volum 1,55
3.	1,770	0,143	1,627	1,3	frisch 1,195 trocken 0,250 % 20,9 Volum 1,2
4.	1,450	0,178	1,272	0,98	frisch 1,190 trocken 0,19 % 17,03 Volum 1,3
5.	2,765	0,342	2,423	1,1	frisch 2,080 trocken 0,35 % 16,8 Volum 2,15
				Im Mittel 1,0	

II. *Arum maculatum.*

	Keule	Gesammtverlust über Nacht	Gesaugtes Wasser cc	Berechneter Substanzverlust*)	Berechneter Wasserverlust	Demnach pro Volumeinheit
1.	0,427 0,0503 11,8 % 0,45 Vol.	0,896	0,85	0,162	0,732	1,6
2.	0,540 0,094 (17,4) 0,6 Vol. 25 mm	0,904	0,9	0,122	0,782	1.3
3.	0,586 0,117 (20,0) 0,6 Vol. 25 mm	0,9525	0,9	0,117	0,8355	1,4
4.	0,4875 0,049 (10,0) 0,55 Vol. 24 mm	1,236	1,2	0,147	1,089	1,9

*) Unter Annahme von ursprünglich 40 % Trockensubstanz.

	Keule	Gesammtverlust über Nacht	Gesaugtes Wasser cc	Berechneter Substanzverlust	Berechneter Wasserverlust	Demnach pro Volumeinheit
5.	0,5425 0,0485 9,2 % 0,6 Vol. 25 mm	1,062	0,9	0,1665	0,895	1,49
6.	0,5093 0,0575 11,2 % 0,55 Vol. 25 mm	1,055	1,05	0,149	0,906	1,8
7.	0,4453 0,0513 11,6 % 0,475 Vol. 26 mm	0,510	0,6	0,126	0,384	0,8
8.	0 5723 0 0703 12,3 % 0,6 Vol.	0,906	1,0	0,159	0,747	1,0
9.	0,5623 0,0493 8,7 % 0.55 Vol.	1,123	1,1	0,178	0,945	1,7 Im Mittel 1,4

Knospen:

	Keule	Gesammtverlust	Gesaugtes Wasser	Verlust pro Volumeinheit
1.	0,5533 0,2025 (36,6) 0,55 Vol.	9,3725	0,4	0,68
2.	0,7463 0,2963 (37 %)	0,378	0,375	
3.	0,2918 0,1105 (37,8)	0,1605	0,175	

IV.

Ueber die Wirkung von Kohlensäure und Wasserstoff auf die warme Keule.

Versuche über die Bedeutung der Gase, welche die Keule umgeben, sind schon von einem der ersten Beobachter der Aroideen-Wärme gemacht worden, freilich noch nicht in exakter, aber gleichwohl in sehr deutlich sprechender Weise. Hubert*) theilt eine Anzahl Versuche mit, die ich hier um so weniger übergehen darf, als sie neben den unten zu erwähnenden Vrolik's und de Vriese's die einzigen geblieben sind; denn die schönen Experimente Th. de Saussure's**) über den Verbrauch von Sauerstoff bei den Aroideenblüthen gehören, streng genommen, eben so wenig hierher, als die Versuche Garreau's über CO_2-Exhalation.

Hubert zeigt am eben genannten Orte, dass seine Colocasia, warm, in Wasser getaucht, nach 25 bis 30 Minuten erkaltet; dass jedoch der über Wasser stehende Theil des Kolbens selbstständig ist und warm bleibt. In einer möglichst luftleer gemachten Blase war die Erwärmung sehr gering; frei gemacht stieg die Wärme (bei 5 Kolben) „sofort" von 30 auf 45°. In beschränkter Luftmenge (Einschluss in Blasen) ist auch die producirte Wärme limitirt.

Das sind alles nur Versuche, welche von uns heutzutage auf die Nothwendigkeit der Sauerstoffathmung gedeutet werden, die in der oben genannten Arbeit Saussure's zuerst dargethan wurde. In gleichem beweist Hubert's Versuch, dass in der vom Kolben producirten Luft Vögel sterben und Kerzen erlöschen nur, dass der sich erwärmende Kolben Sauerstoff verzehrt und Kohlensäure producirt.

Leider ist Hubert der einzige directe Versuch mit Gasen missglückt. Er sagt „in Gährungsluft, in der Luft, die in den Internodien des Bambusrohrs vorhanden ist, im entzündlichen Sumpfgas" „behielten die Kolben ihre Wärme". Schon Saussure hat (a. a. O.) seine Zweifel an diesem Resultat geäussert; und es lässt sich gewiss

*) Journal de Physique, de chimie, d'hist. naturelle et des arts. Par I.-C. Delamétherie. T. LIX Paris 1804 p. 284-286.

**) Annales de chimie et physique par Gay-Lussac et Arago. Tome XXI Paris 1822 p. 287.

nur unter der Annahme erklären, dass die angewandten Gase stark mit Sauerstoff verunreinigt waren.

Ein exakter Versuch mit Stickgas — der einzige vorhandene — liegt von G. Vrolik und W. H. de Vriese vor. Dieselben haben (Ann. scienc. nat. II. Sér. Tome XI 1839) nicht nur die befördernde Wirkung von reinem Sauerstoff (p. 77—79), sondern auch das Verhalten der Kolben von Colocasia odora in Stickgas gefunden: die Blüthe verlor ihren Temperaturüberschuss von 2,6° binnen 2 Stunden (l. c. p. 80 und 81).

Meine Versuche mit Wasserstoff und Kohlensäure zeigen nicht allein, dass mit der Verdrängung des Sauerstoffs aus dem Recipienten die Temperatur einer warmen Arumkeule sinkt, sie zeigen insbesondere, dass das Sinken unerwartet rasch stattfindet.

Sie sind in folgender Weise angestellt: Keulen von *Arum maculatum*, die sich in der aufsteigenden Wärmeperiode fanden, wurden von der Spatha befreit und mit einem Thermometer in der Mitte versehen. Als Recipient für dieselben diente ein geräumiger Glascylinder, in welchen dicht neben den Blüthenstand auch ein Luftthermometer gebracht wurde. Das Gas, in einem Kipp'schen Apparat entwickelt, trat zunächst in ein Waschgefäss und dann durch ein langes Glasrohr auf den Boden des Recipienten, während es durch den Pfropfen im obern Ende mittelst eines kurzen Rohres austreten konnte. Die Einleitung geschah in sehr raschem Strom, so dass offenbar in aller kürzester Frist die Luft verdrängt sein musste.

Es entstand vor allem die Vorfrage, ob bei dieser Versuchsanordnung nicht durch den Gasstrom eine Luftströmung entstehe, die an der feuchten Keulenoberfläche vorbeistreichend, Transpirationskälte und auf diese Weise das Sinken des Thermometers verursache. Versuche mit Keulen von Zimmertemperatur, Versuche der Art angestellt, dass Thermometer mit nassem Filtrirpapier umwickelt, an Stelle der Pflanze in den Apparat gebracht wurden — ergaben, dass der beregte Fall nicht eintrat.

Die unten tabellarisch zusammengestellten Versuche zeigen nun, dass ein Kohlensäurestrom schon nach 1 Minute, ja noch schneller, ein Strom von H etwa ebenso schnell ein Sinken der Temperatur bewirkt, dass dagegen nach einigen Minuten freien Luftzutritts die Temperatur wieder zu steigen beginnt.

Versuch am 7. Mai.

Kolben frisch dem Freien entnommen, am Hals abgebrochen und an das Thermometer befestigt. Luftthermometer im Gasrecipienten dicht daneben.

Der Versuch fand zwischen 6 und 7 Uhr Abends statt. Beginn 6 Uhr 17 Min. Abends.

Zeit		Keulentemp.	Lufttemp.	Bemerkungen.
6 Uhr	17 Min.	27,5	19,3	
	18 „	28,1	19,4	
	19 „	29,0	19.55	
	20 „	29,7	19,7	
	20½ „	30,0	19.8	
	21 „	30.3	—	Kohlensäurestrom.
	21½ „	30,5	19,9	
	22 „	30,2	20.0	
	22½ „	30,0	20,05	
	23 „	29,5	20,1	
	23½ „	29.0	20,2	
	24 „	28.5	20,3	
	24½ „	27,7	20,3	
	25½ „	26,9	20,4	Kohlensäurezutritt unterbrochen und Luftzutritt.
	27 „	26,2	20,6	
	28 „	26.9	20,7	
	30 „	28,3	20,8	
	31 „	29,2	20,8	Wasserstoffstrom.
	32 „	29,6	20,8	
	32½ „	30,0	20,9	
	33 „	30,1	20,9	
	34 „	30,0	21,0	
	34½ „	29,7	21,0	
	35 „	29,0	21,05	
	35½ „	28,5	20,1	
	36½ „	27,5	21,3	Luftzutritt.
	37 „	27,2	—	
	37½ „	27,4	—	
	38 „	27,6	—	
	38½ „	28,0	—	
	39 „	28,5	21,5	
	40 „	29,3	21,6	
	40½ „	29,5	—	
	41½ „	30,0	—	
	42½ „	30,3	—	
	43½ „	30,5	—	Wasserstoffstrom.
	44 „	30,6	—	
	45 „	30,6	—	
	45½ „	30,4	—	
	46 „	30,2	—	
	46½ „	30,0	—	
	47 „	29,7	21,7	

Zeit		Keulentemp.	Lufttemp.	Bemerkungen.
6 Uhr	47 1/2 Min.	29,4	21,9	Luftzutritt.
	48 "	29,2	22,0	
	48 3/4 "	29,2	22,1	
	49 "	29,3	—	
	49 1/2 "	29,4	22.0	
	50 "	29,5	—	
	50 1/2 "	29,6	—	
	51 "	29.6	21,9	
	51 1/2 "	29,7	21,9	
	52 1/2 "	29.8	21,8	Kohlensäurestrom.
	52 3/4 "	29.7	—	
	53 1/2 "	29,7	21.9	
	54 "	29.6	—	
	54 1/2 "	29.5	—	
	54 3/4 "	29.4	—	
	55 "	29,0	—	
	55 1/4 "	28.8	—	
	55 1/2 "	28.6	—	
	55 3/4 "	28.5	—	
	56 "	28,3	22,1	Luftzutritt.
	56 1/4 "	28,2	—	
	56 1/2 "	28,1	—	
	56 3/4 "	28,0	22,0	
	56 4/5 "	27,9	—	
	57 "	27,7	—	
	57 1/4 "	—	—	
	57 1/2 "	—	—	
	57 3/4 "	27.8	21.9	
	58 "	27,8	—	
	59 "	28,0	—	
	59 1/2 "	28,1	—	
7 Uhr		28,2	19,8	

Versuch am 8. Mai 1883.

Einwirkung von CO_2 und H nacheinander.

Zeit		Keulentemp.	Lufttemp.	Bemerkungen.
7 Uhr	30 Min.	22,0	18,6	
	31 "	22,7	18,6	
	32 "	23,4	18,6	
	33 "	23,9	18,6	
	35 "	24.5	18,6	
	36 "	24,9	18,6	Kohlensäurestrom eingeleitet.
	39 "	24.5	18,6	Kohlensäurestrom unterbrochen u. Luftzutritt.
	40 "	24,55	18.6	

Zeit		Keulentemp.	Lufttemp.	Bemerkungen.
7 Uhr	40 1/2 Min.	24,65	18,6	
	41 „	24,7	18,6	
	41 1/2 „	24,7	18.6	
	42 „	24 8	18,6	
	43 „	24.9	18,6	Kohlensäureeintritt.
	43 1/2 „	24,7	18.6	
	44 „	24,7	18.6	
	44 1/2 „	24.5	18,6	
	45 „	24 2	18,6	CO_2strom unterbrochen, Luftzutritt.
	45 1/2 „	23 8	18.6	
	46 „	23.7	18,6	
	46 1/2 „	23,7	18.6	
	47 „	23.9	18,6	
	47 1/2 „	24,1	18,6	
	48 „	24.2	18.6	
	50 „	24,4	18.4	
	51 „	24,6	18,4	Kohlensäure eingeleitet.
	51 1/2 „	24,4	18.4	
	52 „	24,3	18,4	
	53 „	24,1	18.4	Unterbrochen und Luftzutritt.
	53 1/2 „	23.8	18,4	
	54 „	23,8	18.4	
	55 „	23,9	18,4	
	55 1/4 „	24.0	18.4	
	55 1/2 „	24,0	18,4	
	56 „	24,0	18,4	
	57 „	24,0	18,4	
	58 „	24,1	18.4	
	59 „	24,3	18.4	
8 Uhr	1 „	24,5	18,4	
	2 „	24.6	18.4	Wasserstoffstrom eingeleitet.
	2 1/2 „	24,6	18,4	
	3 „	24,6	18,4	
	3 1/2 „	24,5	18,4	
	4 „	24.4	18,4	
	4 1/2 „	24,2	18,4	
	5 „	24,0	18,4	Wasserstoffeinleitung unterbrochen, Luftzutritt.
	6 „	23 7	18,4	
	7 „	23.7	18,4	
	8 „	23,7	18,4	
	9 „	23,7	18,4	
	10 „	23,7	18,4	
	11 „	23,7	18,4	
	12 „	23,8	18,4	
	14 „	23,9	18,4	

Versuch am 12. Mai 1883.

Der Blüthenstand gegen 5 Uhr ins Zimmer genommen, bereits stark riechend. — Einwirkung von CO_2, später von H.

Zeit		Keulentemp.	Lufttemp.	Bemerkungen.
5 Uhr	50 Min.	26,85	17,1	
	58 „	29.7	20,7	
6 Uhr		30.1	20,75	Wasserstoffstrom eingeleitet.
	1 „	30,0	20,7	
	1½ „	29,9	20.7	
	2 „	29.5	20.65	
	2½ „	29,1	20,65	
	3 „	28,6	20,6	
	4 „	27,6	20,6	Unterbrochen, Luftzutritt.
	4½ „	27,0	20,45	
	5 „	27,1	20,4	
	5½ „	27,4	20,4	
	6 „	27,6	20,4	
	7½ „	28.1	20,4	
	8½ „	28.4	20,4	
	9 „	28,7	20,4	
	10 „	28,7	20,4	
	11 „	28,8	20,4	Wasserstoffstrom.
	11½ „	28.8	20,4	
	12 „	28,8	20,4	
	12½ „	28.5	20,4	
	13 „	28.3	20,4	
	13½ „	27,9	20.4	
	14 „	27,5	20,4	
	14½ „	27,0	20,4	
	15 „	26,5	20,4	Unterbrochen und Luftzutritt.
	15½ „	26,1	20,4	
	16 „	26.1	20,4	
	16½ „	26.4	20.4	
	17 „	26.6	20.4	
	17½ „	26,8	20,4	
	18 „	27,1	20,4	
	19 „	27,4	20,4	
	20½ „	27,8	19,9	Kohlensäurestrom.
	21½ „	28.0	19,9	
	22½ „	28,0	19,9	
	23 „	28,0	19,9	
	24 „	27,6	19.9	
	24½ „	27,4	19,9	
	25 „	27,3	19.9	Luftzutritt.
	25½ „	27,2	19,9	

Zeit	Keulentemp.	Lufttemp.	Bemerkungen.
6 Uhr 26 Min.	27,2	19,9	
26 1/2 „	27.2	19.9	
27 „	27,1	19 9	
27 1/2 „	27,0	19,9	
29 „	27.0	19,9	
30 „	27,4	19,9	
30 1/2 „	27,6	19,9	
31 „	27,8	19,9	
32 „	28,0	19,9	
33 „	28,1	19,9	Kohlensäure eingeleitet.
33 1/2 „	28.1	19.9	
34 „	28,1	19,9	
35 „	28,0	19,9	
35 1/2 „	27.9	19,9	
36 „	27,7	19,9	
36 1/2 „	27.5	19,9	Kohlensäure abgestellt, Luftzutritt.
39 „	27.0	19,9	
39 1/2 „	26.9	19,9	
44 „	27,4	19,9	
45 1/2 „	27,45	19,9	Kohlensäure.
46 „	27,4	19,9	
47 „	27,4	19,9	
47 1/2 „	27.4	19,9	
48 „	27,3	19,9	
48 1/2 „	27,2	19,9	
49 „	27,0	19,9	

V.

Die Stellung unserer Resultate zur heutigen Athmungslehre.

Machen wir uns, nachdem wir nun die anatomischen und chemischen Aenderungen, die während der Keulenerwärmung vor sich gehen, mit einiger Vollständigkeit kennen gelernt haben, noch einmal ein Gesammtbild von denselben und fragen wir dann, welche Lehren für die jetzige Athmungsphysiologie daraus zu ziehen sind.

Wir sehen, unter nothwendiger Vermittlung des papillären Epithels, den atmosphärischen Sauerstoff in die Keule eintreten und unter der Wirkung desselben

binnen kaum einer halben Nacht 3/4 der Gesammttrockenmasse der Organs unter lebhafter Wärmebildung desselben sich verzehren. Wir wissen, dass die Hauptvorgänge im Stärkemantel der Keule sich abspielen, und dass hier, wenn auch alle lebenden Zellen ergriffen werden, doch die Action in jeder einzelnen Zelle selbstständig für sich verlaufen kann. Sosehr man auch geneigt sein mag, dem Protoplasma dieser Zellen eine wesentlich thätige Rolle beim ganzen Process zuzutheilen, dieselbe kann, wenigstens soweit die Untersuchungen reichen, jedenfalls nur eine vermittelnde, übertragende, nicht eine mit chemischer Veränderung desselben verbundene sein; denn tiefer greifende stoffliche Veränderungen, Spaltungen der Eiweisskörper, konnten nicht nachgewiesen werden. Unter völliger Erhaltung des ursprünglichen Verhältnisses löslicher und unlöslicher Stickstoffsubstanzen, vollzieht sich unter Wirkung eines erwiesenen diastatischen Ferments die Verzuckerung und der Verzehr von mehr als 77 % Kohlehydraten, die zum grössten Theil als CO_2 entweichen, jedoch auch zum Theil als Pflanzensäuren in der Keule zurückbleiben. — In der erhitzten Keule findet eine Wassertranspiration statt, welche die normale um das dreifache übertrifft.

Bevor wir nun die vorliegenden Resultate für die Athmungsphysiologie verwenden können, müssen wir vor Allem eine Vorfrage entscheiden, die nämlich, ob der betrachtete Vorgang an *Arum* auch als ein richtiger und einfacher Athmungsprocess angesehen werden darf.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass die Hauptmerkmale, durch die man die gewöhnliche Athmung characterisirt: Aufnahme von Sauerstoff aus der Atmosphäre, Wechselwirkung desselben mit den Stoffen des Körpers und in Folge davon Vollzug eines complicirten Stoffwechselprocesses im Innern, schliesslich Ausscheidung von CO_2 und H_2O nach Aussen, auf unsern Vorgang in präcisester Weise zutreffen. Der Vorgang in der Arumkeule ist im wahrsten Sinne des Wortes ein „Verbrennungsprocess“, wie Sachs (in der Exp. Physiol. S. 287) seiner Zeit die Athmung klar präcisirte. Die Sauerstoffaufnahme hat schon Th. de Saussure (Ann. chim. et phys. par Gay-Lussac et Arago. Tome XXI 1822 a. o. a. O.) für *A. maculatum* in exaktester Weise dargethan, für *A. italicum* habe ich selbst Beweise anderer Art in dieser Abhandlung hinzugefügt; der reiche Stoffwechselprocess in der Keule ist ja gerade Gegenstand unserer eingehendsten Betrachtungen gewesen, und die CO_2-Ausscheidung ist von Garreau in der wiederholt citirten Abhandlung ausführlich experimentell behandelt.

Der Vorgang an der Arumkeule ist also ein Athmungsvorgang; von den sonst

bekannten Athmungsvorgängen bloss durch Intensität und Rapidität seines Verlaufes unterschieden. Erstere kann für die Untersuchung nur vortheilhaft sein und bloss zur Folge haben, dass die Einzelprocesse schärfer hervortreten, letztere freilich auch, dass vielleicht Manches verdeckt wird, was bei langsamem Verlaufe sichtbar würde. —

Unter den Fragen, welche in neuerer Zeit in der Athmungslehre in Angriff genommen, aber noch nicht mit Sicherheit entschieden worden sind, steht vor Allen an die Rolle, welche die N-haltigen resp. Eiweissbestandtheile der Zelle bei der Athmung spielen. Zwar war man genöthigt, auf die Boussingault'schen Versuche (Compt. rend. 1864 T. 58 p. 883 sq.) hin eine Stickstoffbilanz bei der Athmung anzuerkennen, doch war bereits schon vor Jahren bemerkt worden, dass bei der Keimung (die immer als Studienobject für die Athmung diente) lösliche N-haltige Producte, namentlich Asparagin, offenbar auf Kosten der Eiweisskörper entstehen (vgl. Sachs, Exp. Phys. S. 286). Dies Auftreten von Asparagin, oder richtiger von Amido-Körpern konnte erst von dem Momente an bedeutungsvoll werden, wo letztere durch Borodin besonders (Bot. Ztg. 1878 S. 801 ff.) als ein allgemeines Vorkommniss in lebenden und athmenden Pflanzentheilen constatirt wurden. Dieser hat bekanntlich conform mit Th. Hartig's früheren Angaben (Entwicklungsgeschichte des Pflanzenkeims. Leipzig 1858) gezeigt, dass Amidokörper, besonders Asparagin, in sich entwickelnden Knospen u. s. w. eine überaus weite, allgemeine Verbreitung haben. Obwohl sich Borodin selbst (a. a. O. S. 832) sehr vorsichtig ausdrückt, und diese Körper nicht ohne Weiteres als Athmungsproducte ansieht*), ist man doch in neuester Zeit ganz allgemein in der Botanik der (Pflüger'schen) Ansicht zugeneigt, dass bei der Athmung zunächst die Eiweisskörper Spaltungen erleiden, und dass die Amidkörper und die ausgeschiedene Kohlensäure diesem Processe unmittelbar entstammen, dass der so überaus auffallende Verbrauch der Kohlehydrate eine secundäre Erscheinung sei, und zur Reconstruction der Eiweisskörper (nicht zur Bildung der exhalirten CO_2) diene. Ich brauche in der Beziehung nur auf die Darstellungen von Wortmanns**), Sachs und Pfeffer***) hinzuweisen. Sachs' Vorstellung ist (Vorl. über Pflanzenphys. S. 487) kurz in die Worte zusammengefasst: „dass innerhalb des Protoplasmas zunächst

*) „Es entsteht nun die Frage, ob die Eiweisszersetzung, die man an abgetrennten Pflanzentheilen eintreten sieht, mit dem Athmungs- oder mit dem Wachsthumsprocess parallel läuft" a. a. O. S. 832.

**) Jul. Wortmann, Ueber die Beziehungen der intramolecularen zur normalen Athmung. In Arbeiten d. Würzb. Bot. Inst. II. Bd. S. 500 ff. Vgl. bes. S. 516 ff.

***) Pfeffer, Wesen und Bedeutung der Athmung in der Pflanze. Landwirthsch. Jahrb. von Nathusius und Thiel Bd. VII S. 805 ff., bes. S. 807 f.

und primär eine Zersetzung des Eiweissmolecüles stattfindet, welche mit Kohlesäurebildung endigt; dass aber durch den von Aussen herzutretenden Sauerstoff eine restitutio in integrum stattfindet, wobei Kohlehydrat, zunächst Zucker, verbraucht wird". Auch Pfeffer (Phys. I 355) hält es für „wahrscheinlich, dass die Kohlensäure aus einer fortwährenden Zertrümmerung von Eiweissmolecülen im lebendigen Protoplasma ihren Ursprung nimmt".*)

Mag man sich bei dieser Auffassung immerhin auch auf rein theoretische Erwägungen stützen, der einzige Erfahrungsbeweis für eine Zersetzung des Eiweissmolecüls liegt bisher in dem beobachteten Auftreten von Amidokörpern bei der Keimung von Samen oder Wachsen von Sprossen. Diese bisherigen Studienobjecte aber konnten, wie ich oben schon andeutete, desshalb keine reinen Resultate liefern, weil in denselben neben der Athmung ein sehr energischer Wachsthumsprocess stattfindet, und in jedem Falle unentschieden bleiben musste**), ob das gelieferte Product an N-haltigen Körpern ein wesentliches Zersetzungsproduct der Eiweisskörper in Folge der Athmung, oder aber eine Wanderform der letztern Körper, hergestellt zum Zwecke der Fortleitung derselben, beim Wachsen sei. Stimmen doch die Forscher heutzutage nach dem Vorgange Pfeffers (Pringsh. Jahrb. Bd. VIII S. 429 ff.) alle darin überein, dass Asparagin und Amidokörper überhaupt geeignete Formen für die Wanderung der Eiweisskörper in wachsenden Theilen seien (vgl. z. B. Sachs, Vorl. S. 429).

Solchen Zweifeln bietet nun unsere Arumkeule keinen Raum; wie wir oben gesehen haben, findet bei *Arum* in der Erwärmungszeit (und auch später) nicht das geringste Wachsthum mehr statt.***)

---

*) Auch Godlewski (Beiträge zur Kenntn. d. Pflanzenathmung in Pringsh. Jahrb. Bd. 13 S. 524) äussert sich im gleichen Sinn: „Gegen die Anschauung, dass die Pflanzenathmung mit der Dissociation des lebendigen Protoplasmas auf das innigste zusammenhängt, lässt sich nichts einwenden. Diese Anschauung, welche auch von Detmer in seinem Werke über die Keimung vertreten ist, scheint völlig berechtigt zu sein". Und Arcangeli (a. a. O. p. 90) construirt speciell für unser *Arum* a priori so: „L'ossigeno che viene assorbito dallo spadice si combina probabilmente al carbonio d'alcune sostanze albuminoidi del protoplasma, onde si forma dell' acido carbonico, mentre queste sostanze vengono cambiate in asparagina, e pure in fermenti che spiegano la loro azione speciale sulla fecola, trasformandone i componenti in sostanze solubili, le quali riforniscono i materiali occorrenti per la ricostituzione di nuove quantità di albuminoidi.

**) „Zur Zeit ist es thatsächlich noch nicht gelungen scharf auseinander zu halten, was Product des Athmungsprocesses selbst ist, und was daneben bestehenden Stoffwechselprocessen entstammt". Pfeffer, Wesen der Athmung. Landw. Jahrb. von Thiel Bd. VII S. 807.

***) Colocasia odora zeigt nach Vrolik und de Vriese (Ann. scienc. nat. II. Sér. 1836 p. 138) Wachsthum „kurz nach der Emission des Pollens". — Für unsere Pflanze fallen also Zweifel, wie sie Pfeffer (Phys. II 409) hegte, hinweg.

Alle beobachteten Vorgänge stellen daher reine Athmungsvorgänge dar. Und was lehren uns nun die Thatsachen über die Betheiligung der Eiweisskörper bei der Athmung? Wir sehen, dass das Verhältniss der löslichen und unlöslichen stickstoffhaltigen Körper während des ganzen Erwärmungsvorganges absolut ungeändert bleibt. Wollen wir demnach auch die Antwort nicht ohne Weiteres dahin abgeben, dass bei der Athmung der Arumkeule die Eiweisskörper ausser chemischer Mitleidenschaft stehen, keine Spaltungen erfahren; sicher ist jedenfalls: die Bildung löslicher N-haltiger Körper aus den unlöslichen der Eiweisskörper ist bei diesem sich so rein vollziehenden und überaus heftigen Athmungsvorgang nicht nachweisbar gewesen.

Es wäre vorschnell daraus sofort den bestimmten Schluss ziehen zu wollen: die Eiweisskörper werden bei der Athmung des Arum nicht in chemische Mitleidenschaft gezogen. Gewiss ist aus den Untersuchungen nur, dass dieselben nicht dauernd und nachweislich zu Gunsten der Bildung löslicher N-haltiger Producte angegriffen werden; dagegen wäre immerhin die Möglichkeit noch offen, dass dieselben vorübergehend d. h. in lösliche Spaltungsproducte zerfallen, um sofort wieder restituirt zu werden. Denn „wenn ein dauerndes Spiel von Entbildung und Neubildung stattfände, brauchte niemals eine Anhäufung von Zersetzungsproducten der Proteinstoffe einzutreten“ (Pfeffer in Thiel's Jahrb. a. a. O. S. 808)*). — Allein eine solche Deutung des Thatbestandes wäre meines Erachtens hier nur dann gerechtfertigt, wenn andere Gründe direct dazu zwängen; es sind mir keine solche gegenwärtig. Eine andere Frage ist, ob innerhalb der beiden Kategorien N-haltiger Körper, der löslichen einer- und der unlöslichen andrerseits stoffliche Veränderungen sich vollziehen, die Qualität der Proteinstoffe unter sich oder die der in Summa als Amidkörper bezeichneten löslichen Stickstoffsubstanzen chemische Umänderungen erleidet; die Schwierigkeit der Untersuchung weniger, als der Mangel der zu diesem Behufe ganz besonders erwünschten grösseren Massen von Arbeitsmaterial liessen mich auch von dem Versuch zur Lösung dieser Frage vorläufig absehen. —

In ähnlicher Weise können wir einer zweiten Frage, die bisher nur als eine Möglichkeit oder Wahrscheinlichkeit beantwortet werden konnte, für unsern Fall nähere und sichere Entscheidung verschaffen: der Frage nach der Entstehung von

---

*) In ähnlichem Sinne geht die Vorstellung Wortmann's von der Thätigkeit des Protoplasma's (a. a. O. S. 517—18): „durch das fortwährend vor sich gehend gedachte Zerfallen der Protoplasmamolecüle werden in der Zelle sich befindende Molecüle der Kohlehydrate dazu verwendet, jene Protoplasmamolecüle sofort wieder zu restauriren — —“.

sog. Pflanzensäuren bei der Athmung. Ich habe dieselbe bereits anderswo (Ueber die Wasservertheilung in der Pflanze. Abh. IV S. 23—29) behandelt, und hebe hier nur hervor, dass sich Sachs*) (Vorlesungen S. 488) eben so sehr für, als Pfeffer**) (Phys. I S. 354) gegen die Entstehung von Säuren bei dem Athmungsprocess aussprechen.

Für unsern Fall haben wir zweifellos festgestellt, dass der Keulensaft mit der Erwärmung saurer wird, wie wir auch feststellten, dass der Bleiessigniederschlag um Procente sich vermehrt. Hier lässt sich also die Entstehung von Säuren bei der Athmung nicht leugnen.

Ich will zum Schluss auch noch einen andern Beweis beibringen, der wenigstens unumstösslich darthut, dass bei der Verbrennung relativ kohlenstoffärmere Verbindungen entstehen. Diesen Beweis bringt die Elementar-Analyse von Knospen- und verblühtem Materiale. Ich fand in 2 sehr gut stimmenden Analysen, aschefrei berechnet, die %-Zusammensetzung der Keulen:

	C	H	O
Knospe	49,35	6,44	42,76
Verblüht	44,86	6,1	41,18

Es tritt sofort die relative Abnahme des C bei der Verbrennung hervor. Man beachte, dass der C in der verblühten Keule die %-Zahl der Kohlehydrate erreicht, in der Knospe dagegen ansehnlich darüber erhöht erscheint. Von den in der Knospe befindlichen Stoffen, soweit sie bekannt sind, können C erhöhend nur die Eiweisskörper sein; erniedrigend dagegen wirken Asparagin und Säuren. Da nun die stickstoffhaltigen Körper bei der Verbrennung völlig unberührt erscheinen, so kann bei der relativen Erniedrigung an die Pflanzensäuren gedacht werden. Auch die Erniedrigung des H-Gehaltes, wenn sie vollwiegend genommen werden darf, spricht in diesem Sinne.

Bei der quantativen Unversehrtheit der N-haltigen Substanzen der Keule einerseits, und gegenüber den oben bei den Kohlehydraten angestellten Rechnungen andrerseits, lässt sich doch wohl nur die Ansicht vertreten, dass das Material zur Bildung der Säuren in den Kohlehydraten vorliegt.

*) „Als die am deutlichsten erkennbaren Zeichen der mit der normalen Athmung verbundenen Oxydationsprocesse dürfen wir vielleicht die Bildung sauerstoffreicher Säuren mit dem Beginn der Keimung und ebenso in austreibenden Knospen betrachten", a. a. O.

**) „Es ist mindestens fraglich, ob sauerstoffreichere Körper, wie Oxalsäure, Weinsäure u. s. w. oder sauerstoffärmere Verbindungen, wie Gerbstoff, ätherische Oele, stets oder jemals in dem Athmungsprocess selbst erzeugt werden", a. a. O.

VI.

Weiteres zur Kenntniss der Wärmeperiode und Vergleich anderer Aroideen.

1. Ueber den Gang des Aufblühens und der Wärmeentwicklung.

Den Gang der Blüthenentfaltung, der in meiner ersten Abhandlung S. 4—6 ausführlich geschildert wurde, habe ich in diesem Frühling (1884) noch einmal im Einzelnen geprüft und das ganze am angegebenen Orte erzählte Verhalten richtig gefunden. Die Blüthezeit verläuft von einem Mittag bezw. Nachmittag zum andern. Regelmässig pflegen die Exemplare erst von Mittag ab, und in den frühen Nachmittagsstunden ihre Spathen anzuschwellen, das Aufbrechen der Spathen und Sichtbarwerden der Keule findet von 2 oder 3 Uhr ab statt; um 4 Uhr ist gewöhnlich Alles in voller Blüthe. Um diese Zeit wird die Wärme der Keule so intensiv, dass sie durch Anfühlen leicht constatirt werden kann, und der Geruch, der die Thiere zunächst anlockt, verbreitet sich. Die schopfförmigen Narben der Fruchtknoten sind jetzt strahlig ausgebildet und reif; die Antheren noch völlig geschlossen. — Die Wärmeentwicklung macht dann in der bekannten Weise am Abend und in der Nacht unter fortwährender Steigerung ihren Periodengang. Am frühen Morgen findet man die Keulen nicht mehr, wohl aber die Stiele derselben, Antheren und auch Fruchtknoten noch deutlich warm; die Narben sind an Stelle der zusammengefallenen Haare mit einem Zuckertropfen bedeckt, von dem die gefangenen Thiere sich nähren. Am späteren Vormittag öffnen sich die Antheren, der Pollen fällt in den Kessel und auf die gefangenen Insecten. Aber erst am Mittag häufiger erst in den ersten Stunden des Nachmittags (oft sogar noch später) erfolgt das Welken der Sperrhaare und gibt den Mücken Gelegenheit zu entfliehen — zu einer Zeit also, wo bereits neue, durch Geruch und Wärme lockende Blüthen offen und zum Einfangen der pollenbeladenen Thiere bereit sind. — Von nun aber geht der Blüthenapparat, soweit er uns interessirt, dem Verwelken entgegen: die Fahne wird alsbald faltig und fällt zusammen, die Keule, die sich noch einen oder mehrere Tage frisch erhält, schrumpft dann und fällt schliesslich mit den entleerten Antheren über den Fruchtknoten ab.

So vollzieht sich der Gang des Auf- und Verblühens innerhalb etwa 24 Stunden an milden, regenlosen ev. sonnigen, normalen Frühlingstagen; um dies noch deutlicher zu zeigen, will ich eine Anzahl Beobachtungen, die ich auf den Arumfeldern gemacht habe, vorführen:

Zustand der Arum-Blüthenstände in verschiedenen Nachmittagsstunden.

12 Uhr Mittags am 27. März 1883. Die Arumfelder sind nur mit verblühten oder Knospenexemplaren bedeckt. Erstere mit eben ausstäubendem Pollen und gefangenen Insecten versehen oder ganz verblüht; letztere zum Theil im Aufrollen. Ein von der Sonne getroffenes Exemplar unter hunderten eben geöffnet.

29. März 1883. Ein einziges eben aufgegangenes Exemplar, sonst nur Knospen und verblühte. Unter den 20 Exemplaren letzterer Kategorie haben 9 mit Tröpfchen bedeckte Narben, aber noch geschlossene Antheren; 11 haben vertrocknete Narben und Pollen ausgefallen.

1. April 1884. Auf dem Felde sind 38 Exemplare offen, von diesen sind
2 halboffen;
19 besitzen betropfte Narben und Thiere im Kessel;
17 schwarze Narben und ausgefallenen Pollen;

zahlreiche Exemplare mit aufgeblasenen Tüten. (Um 2 Uhr auf demselben Felde: 10 Exemplare offen und warm, 10 Exemplare ganz locker gerollt, im Aufgehen.)

1 Uhr Nachmittags am 20. April 1884. Unter zahllosen im Aufrollen begriffenen Exemplaren ist etwa ½ Dutzend wirklich offen.

2 Uhr Nachmittags am 5. April 1884. Eben geöffnete Exemplare gar keine; dagegen 30 im Aufrollen begriffene, von denen 10 bereits die Keule durchblicken lassen. Verblühte Exemplare zum Theil noch nicht ausgefallenem Pollen, mit geöffneten Antheren und welkenden Sperrhaaren oder zusammengefallenen Spathen.

4 Uhr Nachmittags am 2. April 1884. Von 32 auf dem Felde gesammelten Exemplaren sind 21 völlig offen, 11 im Aufrollen. Sonst nur verblühte Exemplare und Knospen.

Dass innerhalb dieses regelmässigen Verlaufes doch noch eine gewisse Freiheit der Entfaltung herrscht und Schwankungen von 1 oder mehreren Stunden hervorruft, versteht sich. Solche Ungleichheiten werden theils durch nicht näher bekannte innere Zustände des Individuums hervorgerufen, zum Theil hängen sie auch von äussern Ursachen ab, von denen ich hier nur die das Aufblühen fördernde directe Besonnung hervorheben will.

Mit gleicher Sicherheit läuft an regelrechten Vegetationstagen der vorhin erwähnte nächtliche Wärmegang der Keule ab, genau, wie ich es im I. Heft S. 9—11 geschildert habe. Er hebt vor oder mit dem Aufrollen der Spatha an, erreicht in den ersten Nachtstunden gewöhnlich sein Maximum (7—10 Uhr), um schon Vor- jedenfalls aber Nachmitternacht sein Ende zu erreichen, so dass, von Ausnahmefällen abgesehen, die Keulen am Morgen kalt sind, um sich nie wieder zu erwärmen. Eine Wiedererwärmung wäre ja auch ein Ding der Unmöglichkeit, da während der Nacht das Brennmaterial der Keule völlig verbraucht wird. Zum Ueberfluss will ich noch beifügen, dass Arcangeli (a. a. O. p. 89—90) zu ganz gleichen Resultaten*) gekommen ist, wie ich.

Dass gleichzeitig mit der Wärmeentwicklung in der Keule, auch eine solche, wenn auch geringere, in den Antheren und Fruchtknoten wahrzunehmen ist, habe ich bereits in der I. Abhandlung S. 13—16 auseinander gesetzt; eine dort gegebene Tabelle zeigt auch, dass die Antheren am Abend einen den Keulen ähnlichen Periodengang haben. Weitere Untersuchungen über diese geringeren Temperaturen schienen mir thermometrisch nicht räthlich. Dagegen ergibt sich auf einem andern Wege als wahrscheinlich, dass am Morgen nach der Erwärmungsnacht der Keule noch Wärmeentwicklung in den Antheren stattfindet: ich habe feststellen können, dass dieselben im Laufe dieses Morgens, wo doch Antherenwände und Pollenkörner absolut fertig sind, noch grosse Stärkemassen verbrauchen. Man vgl. den anatomischen Theil und im I. Capitel die Tabelle I unter „Stärke“ am Schlusse. Aus dieser Thatsache ist nun freilich weder die Höhe des Temperaturüberschusses, noch auch zu ersehen, ob die Antheren am 2. Tage einen wirklichen nochmaligen Periodengang darbieten. Das letztere ist aus allgemeinen Gründen für unsere Pflanze wahrscheinlich, wie aus den thatsächlichen thermoelektrischen Feststellungen Dutrochet's (a. a. O. S. 73 und 75) für *Arum maculatum* gewiss.

In ähnlicher Lage finde ich mich einem andern in der Spatha steckenden Theile gegenüber, den Keulenstielen. Ich habe mich in diesem Frühling überzeugt, dass die Stiele Wärmeüberschuss zeigen. Diese Wärme ist gleichfalls nicht bloss die Nacht über vorhanden, sondern setzt sich auch in den folgenden Tag bis

---

*) „Jo son giunto a conclusioni in gran parte simili a quelle del Kraus; cosi ho potuto riscontrare che il riscaldamento è gia sensibile alcune ore avanti lo sbocciamento (alle 9 del mattino), che il suo massimo si verifica d'ordinario fra le ore 6 e $8^1/_2$, ch'esso puo superare i 40^0 cent., ch'esso va rapidamente descrescendo dalla mezzanotte al matino successivo, nel quale è appena apprezabile, e che non si ripete periodicamente“.

in die Mittagsstunden fort. Ich darf dies aus den Zahlen schliessen, welche ich über den Stärkegehalt der Stiele erhalten habe. Dieselben enthalten am ersten Abend 43 %, am Morgen des folgenden Tages 23,2 %, und am Nachmittag desselben Tages nur noch 12,5 % Stärke (vgl. die Tabelle I unter „Stärke"). Dass aber dieser Stärkeschwund auf Rechnung eines wärmeerzeugenden Verbrennungsprocesses zu setzen ist, ergibt sich aus directen im Laufe des Vormittags vorgenommenen Temperaturmessungen. So fand ich am 11. April früh 10 Uhr im Freien zwischen 6 um den Quecksilbercylinder des Thermometers geschichteten Stielen bei 13,5° Lufttemperatur 3,5° Ueberschuss. — In einem 2. Falle zwischen 5 Stielen 4,5° C Ueberschuss.

Endlich sei noch hervorgehoben, dass, nach anatomischen Daten zu schliessen, auch der Spathenbauch selbstständige Wärmeentwicklung zeigen dürfte (vgl. den anatomischen Theil dieser Abhandlung).

Alle die geschilderten Verhältnisse bezeichnen den normalen Verlauf des Blühens und Wärmeganges. Von diesem regulären Gang kommen aber Abweichungen vor, die ich nach meinen Beobachtungen als Hemmungen oder Retardirungen bezeichnen muss, und die durch ungünstige äussere Verhältnisse hervorgerufen werden.

Als solche hemmenden Einflüsse für den Entwicklungsgang der Blüthe habe ich kennen gelernt:

1. das Abschneiden der Blüthenstände und Transport derselben in ungewohnte Verhältnisse,

2. nächtliche Temperaturerniedrigung,

3. eintretende Regengüsse.

Es ist eine in der verschiedensten Weise hervortretende Thatsache, dass abgeschnittene Blüthenstände, die man zu Hause in Wasser stellt, Störungen ihres innern Zustandes erleiden können, die eine normale Weiterbildung und ein correctes Verblühen hemmen. So sind mir z. B. allzujung abgeschnittene Knospen niemals zum Aufblühen gelangt, nur kurz (1 höchstens 2 Tage) vor dem Termin abgeschnittene Knospen entfalten sich noch. — Es ist ferner sicher, dass mit den Stielen allein aus der Knospe geschnittene Keulen niemals zur Erwärmung gelangen. Warme Keulen, in dieser Art abgeschnitten und in Wasser gestellt, erkalten nicht selten alsbald. Da die Oberfläche der Keulen und Stiele papillär ist, so vermag das Wasser an den Objecten emporzuklettern und allmählich erkältend oder auf die Papillen endosmotisch wirkend Störungen hervorzubringen. Aber auch in dem Falle, wo die Stiele in durchbohrten Korken dichtschliessend sitzen, wo also die eben genannte Wirkung

nicht angenommen werden kann, kommt ein vorzeitiges Erkalten häufig genug vor. Man findet dann öfter die Keulenspitze runzlich und vertrocknet; vielleicht dass hier Wassermangel mit im Spiele ist. — Bei Keulen, welche im Blüthenstand verbleibend, mit dem Blüthenstandsträger in Wasser stehen, kommen gleichfalls Hemmungen vor. Es ist eine gewöhnliche Erscheinung, dass solche Keulen ihre Stärke nicht vollständig verbrennen. Ich bemerke, dass ich im Freien keine Keule gefunden habe, welche nicht nach der Erwärmungsnacht die Stärke der Keule bis auf den letzten Rest verloren gehabt hätte; dagegen ist es eine sehr gewöhnliche Erscheinung, dass im Zimmer verblühende Keulen ihre Stärke nur theilweise verlieren. In welchem Grade dies der Fall, und in wie verschiedener Vertheilung der Rest zurückbleibt, das geht aus den mit Jod behandelten Keulenansichten (Flächenansichten und Längsschnitte) der Taf. I hervor, welche alle von solchen im Zimmer verblühenden Exemplaren genommen sind. — Damit im Zusammenhange steht es, wenn solche Keulen nur eine geringere Temperaturerhöhung zeigen. — Als ein Zeichen geringerer Lebensenergie sehe ich es auch an, wenn die Periode nicht rasch in kräftigem An- und Absteigen verläuft, sondern sich bis in den Morgen hinein oder gar noch länger fortzieht; es können auf diese Weise Wellungen in die Temperaturcurve kommen, die einem wirklichen Periodengang ähnlich sehen. Unser *Arum maculatum* auf der Curventafel (Taf. III unten) zeigt ein derartiges Verhalten.

Zur Illustration dieses Verhaltens mögen hier einige Beobachtungsbeispiele stehen.

Am 8. April wurden 2 das Aufspringen versprechende Knospenblüthenstände in Wasser gestellt; dieselben waren aber nach 3 Tagen noch geschlossen, und die Spatha etwas abgewelkt, sodass mit Sicherheit ihr zu Grundegehen voraus zu sehen war; beim Oeffnen fanden sich die Narben vertrocknet, die Sperrhaare und Antheren bereits welk. Die Keule war dicht mit Stärke gefüllt. Aus der Beobachtung geht hervor, dass die Keulen, in nicht aufgehenden und nicht sich erwärmenden Blüthenständen, auch ihre Stärke nicht verlieren, sondern mit ihr zu Grunde gehen.

Ein zweiter Versuch mit isolirten Knospenkeulen ergab in Gleichem Mangel an Wärmeentwicklung und Verbleib aller Stärke.

---

30. März. Abends gegen 8 Uhr rollten sich zwei im Wasser stehenden Blüthenstände eben auf. Die Keulen wurden mit den Stielen herausgeschnitten und in Wasser stehend beobachtet. Sie waren bereits warm. Der Temperaturgang war bei 15—16° C Lufttemperatur:

	Zeit	Keule I	Keule II
	8^{20p}	25.8	25,0
	8^{30}	26,0	25,7
	8^{45}	27,7	25,7
	8^{50}	27 8	26,7
	9^{5}	27,2	26 3
	9^{20}	25,8	25,4
	10	22.4	22,8
	11	20.3	21,1
31. März	7^{a}	16.8	17,1

Die Keulen waren beide über Nacht im oberen Theil etwas welk (schlaff) geworden, sonst gesund.

Bei I war die Keule 43 mm lang 10 mm dick, der Stiel 30 mm lang. Im oberen Dritttheil war die Stärke fast völlig erhalten, im unteren völlig verschwunden; in der Mitte, besonders in den innern an das Wassergewebe grenzenden Partien, geblieben. Unter dem Quecksilbercylinder des Thermometers, wie an der Stelle, wo die Gummiringe zum Befestigen des Thermometers angelegen, war auch oberflächlich alle Stärke erhalten.

Keule II 50 mm lang und 10 mm dick (Stiel 26 mm lang) verhält sich der vorigen im Einzelnen ganz gleich mit dem einzigen wesentlichen Unterschied, dass die Stärke in den innern Partien des Parenchyms geschwunden, in den äussern dagegen geblieben ist.

Eine Keule von 35,5 mm Länge und 7,5 mm Dicke ist am Abend auf 30° erwärmt, sie wird abgeschnitten und mit dem Stiel über Nacht in Wasser gestellt.

Am Morgen ist aus ihr der weitaus grösste Theil der Stärke verschwunden; die geringe restirende Stärkemenge zeigt eine Vertheilung der Art, dass die Keule in Jod gelegt, äusserlich, wie im Längsschnitt, gefleckt erscheint, von zahllosen kleinen blaugrauen Inseln im gelben stärkelosen Parenchym.

Ueber die Wirkung niedriger Temperatur habe ich Ende März (29.—30. März 1883) ein sehr frappantes Beispiel beobachtet: am genannten Tage wurden Nachmittag zwischen 4 und 5 im Freien (bei Ponte molle) 5 eben aufgeblühte Blüthenstände, an denen die Keulenwärme durch Befühlen constatirt war, zu andern Zwecken gezeichnet. — Die Nacht war kalt (es reifte vielleicht sogar), und als ich andern Morgens 10 Uhr zur Stelle kam, waren zu meinem Erstaunen die Keulen noch warm und rochen, die Narben nicht verblüht, sondern statt mit Tröpfchen, mit strahligen Haaren bedeckt. Nach Hause gebracht und in Wasser gestellt, erwärmten

sich die Keulen weiter in auffallender Weise. Die Beobachtung ergab folgende Temperaturen:

Zeit	Keule 1	2	3	4	5
11^{15}	18,8	26.4	18,3	22,6	19,8
11^{30}	17.0	28,7	16,7	22,6	19,1
11^{35}	16.9	29.0	16,3	23.2	18,7
11^{45}	16,7	28,7	16.3	24,1	
1^{15}	16,5	24.8	15,6	23,1	

Die Lufttemperatur schwankt um 15 und 16°.

Man sieht, dass n. 1 und 3 deutlich in dem absteigenden Ast ihrer Temperaturcurve waren, n. 2 und 4 dagegen in der vorstehenden Zeit erst ihr Maximum erreichten — in beiden Fällen also eine abnorme Verschiebung, Verschleppung der Wärmeperiode stattfand, wie sich durch die nächtliche Kälte der Luft am einfachsten erklärt. Dass es sich hier in der That um eine Verschiebung des Wärmeganges handelte, geht auch daraus hervor, dass sich am Nachmittage die Narben mit Tröpfchen bedeckten; ganz so, wie es nach Abwicklung der normalen Wärmeperiode am Morgen hätte geschehen sollen.

Untersuchung auf Stärke ergab in n. 3 und 4 ganz ziemlich gleiche Verhältnisse: die Stärke war mit Ausnahme des oberen Dritttheils völlig verbraucht; in jenem war sie noch zum grössten Theil vorhanden.

Auch das Beispiel einer überaus rasch verlaufenden Morgenperiode, welches ich in Heft I S. 10 und 27 beschrieben habe, gehört ohne Zweifel hieher; sicher wäre der Blüthenstand im Zimmer in der Nacht noch zur Erwärmung gelangt, vor dem Fenster aber retardirte die niedere Temperatur bis zum Morgen.

Dass auch Regen, trübes Wetter u. s. w. retardiren und Unregelmässigkeiten veranlassen kann, lässt sich im Verein mit dem Vorhergesagten schon aus dem Grunde vermuthen, weil die Wirkung dieser Factoren zum Theil auf Temperaturerniedrigung beruht. Ich finde zum Belege in meinen Reisenotizen folgende Aufzeichnungen:

Am 10. April (1883) früh 10 Uhr, nachdem es 2½ Tag kalt gewesen und fortwährend geregnet hatte, fand ich die Arumfelder dem normalen Befund gegenüber (vgl. oben) völlig verändert: die offenen Exemplare stunden vielfach voll Wasser, und die Spathenfahnen waren auffallend mit Wasser injicirt. Beim Oeffnen der Blüthestände waren die Kolben vielfach warm*, die Narben strahlig, und der Kessel

---

*) Zusammengeschichtete Keulen gaben bei 15° Lufttemperatur noch 31,5°, also 16,5° Ueberschuss.

von auffallend wenig Thieren besetzt. — Offenbar waren die Pflanzen auf dem Punkte der Entwicklung stehen geblieben, der sonst am Abend vorhanden ist.

Am 15. April früh um dieselbe Zeit traf ich, nachdem es Nachmittags und Abend vorher geregnet hatte, auf den Arumfeldern ganz ähnliche Zustände. Auch fand ich, obwohl das Wetter sich besserte, im laufenden Tage nur eine sehr geringe Zahl Blüthenstände, die sich öffneten.

Ich will bei dieser Gelegenheit noch die Bemerkung hinzufügen, dass Benetzen der Keulen mit Wasser, augenblickliche Temperaturerniedrigung zur Folge hat; noch energischer wirkt Eintauchen derselben in Wasser. So ging z. B. beim Eintauchen einer Keule von 26° Temperatur in Wasser von Zimmerwärme die Temperatur augenblicklich auf 18° herab.

Dass in diesen Fällen auch der Materialverbrauch retardirt worden ist, lässt sich begreifen. Zum Beweise führe ich die Trockengewichtsbestimmungen einiger Keulen aus der Beobachtung vom 15. April an. Es ergaben

3 Keulen	frisch 3,796	trocken 0,793	also 20,8 %,
3 andere Keulen	frisch 6,299	trocken 1,303	also 20,7 %,
1 Keule	frisch 1,200	trocken 0,226	also 18,8 %.

Die Trockensubstanz betrug also ungefähr das Doppelte wie an normalen Morgen!

Zum Schlusse mögen hier noch einige Einzelheiten Platz finden, die im bisherigen Rahmen des Berichtes nicht gut einzufügen waren.

1. **Maxima der Erwärmung und des Temperaturüberschusses.**

Den bereits im I. Heft S. 11—13 angegebenen grössten Zahlen des Thermometerstandes an der Keule, wie des Temperaturüberschusses der umgebenden Luft gegenüber kann ich folgende hinzufügen:

a) Am 16. April. 5 zusammengeschichte Keulen (von 9,7 gr. Frischgewicht), mit einem Tuch umgeben zeigen (Abends)

	51,3° C
Lufttemp.	15,4°
demnach Ueberschuss	35,9°

b) Am 18. April. 7 Keulen am Abend wie vorher behandelt zeigen

	49,2° C
Lufttemp.	16,0°
demnach Ueberschuss	33,2°

Andern Tags früh geben die Keulen (über Nacht im Wasser)

Frischgew. 6,140 Trockengew. 0,905 — % 6,8.

c) 5 kleine Keulen in Gleichem

47,0° C

Lufttemp. 17,0°

demnach Ueberschuss 30°

d) 4 Stück Abends 5 bei 16,7° Lufttemperatur 40,6° zeigend, werden mit Baumwolle umwickelt und zeigen dann in Kurzem 46,6° — also 29,9° Ueberschuss.

e) Etwa 50—60 warme Keulen in ein Tuch eingeschlagen und mit einem Maximalthermometer versehen geben bei 15,3° Lufttemperatur 46,5°, also ein Temperaturüberschuss von 31,2°.

f) Eine Keule 6 Uhr Abends (6. April) zeigte bei 17,2° Lufttemperatur 38,5°, also einen Ueberschuss von 21,3°.

Die im ersten Beispiel mitgetheilte absolute Höhe übertrifft die von Hubert (vgl. Heft I S. 12) gefundene bei Colocasia noch um 2°; sie reicht an die Gerinnungstemperatur des Eiweisses heran. Der dabei zu Tage tretende Temperaturüberschuss ist Hubert's grösst gefundenem noch um 5½° überlegen.

2. Ueber die Bedeutung der Umhüllung resp. Transpiration für die Temperaturerhöhung.

Dass die natürliche Hülle der Keule, die Spatha, einen Einfluss auf die absolute Höhe der Keulentemperatur üben dürfte, ist von vornherein wahrscheinlich. Bei der — wie wir sehen werden — ansehnlichen Transpiration der Keule, muss Alles, was diesen Vorgang irgendwie behindert, einen temperaturerhöhenden Einfluss üben oder umgekehrt. Der fahnenartige Theil der Spatha steht aber wie ein halbrunder Schirm um die Keule und versetzt dieselbe mehr weniger in eine stehende Luftschicht. So muss er wohl Verdunstung hindernd und damit temperaturerhöhend wirken.*)

Dass sich die Sache wirklich so verhält, kann man leicht constatiren, wenn man an warmen mit Thermometer versehenen Keulen vorsichtig die Fahne von der Keule weit abbiegt oder wieder zurücklegt. Ich fand auf diese Weise bei einer Keule innerhalb einer Minute die Temperatur um 1—1,5° sinken oder wieder steigen.

*) Die in der I. Abhandlung S. 10 von mir beobachteten kleinen spontanen Oscillationen, die ich am a. a. O. glaubte innern Ursachen zuschreiben zu dürfen, lassen sich vielleicht doch einfach als kleine durch Verdunstungskälte erzeugte Depressionen erklären: schwache, unmerklich feine Luftströme mögen sich an der feuchten Keule, nicht aber an dem trocknen Luftthermometer geltend machen.

Die Fahne wirkt also hier thatsächlich als „schützende Hülle“ (Sachs, Lehrb. IV. Aufl. S. 693). Auch künstliche Mittel thun dieselben Dienste. So wurde schon oben angeführt, dass 4 Stück Keulen bei Umhüllung mit Baumwolle eine Erhöhung um 6° erfuhren. — Bestreicht man eine warme Keule mit Hülfe eines feinen Pinsels mit Glycerin, so geschieht ein Aehnliches; ich fand ein augenblickliches Steigen der Temperatur, z. B.: Am 29. März wurde eine Keule, die seit 6 Uhr beobachtet, von 24° Anfangstemperatur bis 7 Uhr auf 26° gestiegen, bis 7½ wieder auf 24,6 gefallen war, mittelst eines Pinsels mit dickem Glycerin völlig bedeckt. Sofort stieg die Temperatur auf 26,6°. Nach 1—1½ Minuten begann aber die Temperatur wieder zu sinken, war in ¼ Stunde auf 20° und bald darauf auf Lufttemperatur angelangt. Das Steigen war offenbar Folge der Transpirationsbehinderung, das Fallen offenbar die Folge des Sauerstoffabschlusses.

Ich bemerke hier ausdrücklich, dass die von mir angegebenen Keulen- und sonstigen Temperaturen stets die natürlichen d. h. die der Pflanze ohne jegliche als ihre natürliche Hülle sind; wo Hüllen angewandt sind, ist dies ausdrücklich hervorgehoben.

2. Vergleich unserer Pflanze mit andern Aroideen.

Es schien mir nicht ohne Werth, nachdem der Gang bei *Arum italicum* feststund, denselben auch bei andern Aroideen näherer oder fernerer Verwandtschaft zu vergleichen. Ein solcher Vergleich wird vor allem in's Licht setzen, was von dem beobachteten Phänomen auf Allgemeinheit Anspruch hat und was vielleicht eine Besonderheit unserer Pflanze darstellt. Ich konnte und wollte mich dabei aber nicht auf die bereits vorhandenen Angaben anderer Autoren verlassen, weil von diesen vielfach die einschlägigen Fragen nicht genau genug entschieden oder gar nicht berührt waren.

Es sind nur wenige Aroideen noch, welche ich Gelegenheit hatte, zu beobachten: ausser *Arum maculatum*, noch ein Paar *Philodendron*, dann *Sauromatum*, *Anthurium* und *Calla*; aber sie genügen vorläufig, um die oben angedeuteten Fragen zu beantworten.

Was zunächst das nahverwandte und in dem Blüthenbau sowie den äussern Bestäubungsvorrichtungen genau gleich construirte *Arum maculatum* anlangt, so besteht auch kein Zweifel der völligsten Uebereinstimmung. Meine eigenen Beobachtungen und Versuche sowohl, als die scheinbar widersprechenden ausführlichen Angaben Dutrochet's (Ann. scienc. nat. II. Sér. Tome XIII p. 65—80) zeigen dies klar.

1. Die Keule von *Arum maculatum* hat eine Blüthenentwicklung und Wärmeperiode, welche mit der von *Arum italicum* absolut übereinstimmt. Nach meinen

Beobachtungen an Exemplaren, welche im Mai den Elsterauen bei Döllnitz (nahe bei Halle) jeden Morgen frisch entnommen wurden, entrollt sich die Spatha unter Erwärmung der Keule*) in den ersten Nachmittagsstunden; die Blüthentheile haben dann dasselbe Entfaltungsstadium wie dort. Die sich steigernde Wärme der Keule erreicht ihre Höhe am Abend (10^{30} in der Curvenzeichnung Taf. III), um noch in der Nacht zu erlöschen. Am folgenden Morgen ist die Keule stets erkaltet (für immer), die Narben mit Tröpfchen bedeckt. Im Laufe des Mittags beginnt die Pollenentleerung, einige Stunden darauf das Welken der Sperrhaare und die Entlassung der bestäubenden Thiere. Der Verbrauch an Trockensubstanz, der Gehalt an Stärke u. s. w. in den verschiedenen Stadien des Blühens und der Erwärmung — Alles ist auf's Haar wie bei *Arum italicum* eingerichtet.

Scheinbar im grössten Widerspruch mit diesen Angaben stehen die ausführlichen thermoelectrischen Beobachtungen Dutrochet's. Er gibt nicht allein 4 Paroxysmen (Perioden), sondern diese auch mit wechselnder Lage des Maximums an (a. a. O. p. 79). — Vor Allem darf man nicht vergessen, dass Dutrochet in diesem Falle nicht bloss von der Keule, sondern auch von den Paroxysmen der Antheren und weiblichen Blüthen spricht. Nehmen wir seine Angaben über die Keule (spadice) allein (p. 70 und 76 bis 77), so gibt er allerdings auch hier einen über 3 Tage sich wiederholenden Periodengang an. Aber es ist wohl zu beachten, dass Dutrochet thermoelectrisch gearbeitet und am ersten und dritten Tage nur auf diesem Wege wahrnehmbare, nach zehntel Graden zählende Wärmemengen und Maxima findet. Diese beiden Perioden sind aber keine Besonderheit der Arumkeule, sondern bekanntlich ein von Dutrochet selbst entdecktes gemeinschaftliches tägliches Merkmal aller Pflanzentheile (man vgl. Dutrochet's Angaben p. 76 vom 9. und 11. Mai mit p. 44). Dutrochet hätte diesen Periodengang der Keule an jedem beliebigen vorhergehenden Tage auch finden können.

Dass diese geringwerthigen Perioden nicht zur eigentlichen Wärmeperiode der blühenden Keule gehören, geht, abgesehen von ihrer offenbaren Nutzlosigkeit für die Impollination, deutlich daraus hervor, dass ihr Maximum (zwar zeitlich unter sich stimmend) auf ganz andere Zeiten und zwar solche fällt, wo die Maxima der allgemeinen Wärmeperiode der Pflanzenorgane liegen.

Nimmt man nun den eigentlichen Blüthetag, der am 10. Mai stattfindet, so zeigt

*) Schon Sénébier (Phys. végét. Tome III p. 314) sagt: „J'ai toujours observé, que cette chaleur (von *Arum maculatum* nämlich) se faisait sentir entre trois et quatre heures après midi, et que son maximum était entre six et huit heures".

sich an diesem eine Periode, die in jedem Betracht mit der unsrigen übereinkommt. Das Gleiche gilt von der Periode, die er am 2. Mai (p. 70) beobachtet.

2. Für die männlichen Blüthen weist Dutrochet (p. 73) eine zweitägige Periode nach; der Temperaturüberschuss ist immer geringer als in der Keule. Für *Arum italicum* habe ich die Periode am Abend des ersten Tages bereits im I. Heft (S. 38) nachgewiesen, dass sich die Wärme der Antheren auch noch am Morgen des andern Tages findet, habe ich oben gezeigt und es erübrigt nur noch hinzuzufügen, dass eine Periode an diesem Tage auch für unsere Pflanze möglich, ja wahrscheinlich erscheint. Wenigstens zeigen die Stiele am zweiten Tag (pro Stunde berechnet) einen grösseren Stärkeverbrauch als in der vorhergehenden Nacht. In der Nacht verbrauchen sie 2,7, am folgenden Tage 3,9 %.

Von den andern, nicht der Gruppe der Areae angehörigen, beobachteten Araceen hat nur *Sauromatum* einen wirklichen „Appendix“ (Keule), d. h. ein über den Antheren stehendes, unfruchtbares keuliges Anhängsel, und dieser Appendix ist hier besonders stark entwickelt (fusslang und fingerdick); bei den *Philodendren* dagegen und der *Calla aethiopica* ist die obere Hälfte des Spadix vollständig von Antheren bedeckt und so dicht besetzt, dass ein nackter Gewebekörper nirgends zu Tage tritt. Unter den Antheren stehen ebenso dicht die Fruchtknoten, den übrigen Spadixtheil überziehend. Bei diesen Pflanzen ist also nicht direct eine Keulenwärme, sondern nur eventuell die Wärmeentwicklung an den Antheren oder Fruchtknoten zu untersuchen. Allein es ist wohl zu beachten, dass die männlichen und weiblichen Btüthen auf einem relativ sehr dicken und mehlreichen Parenchymcylinder sitzen, der für uns gewissermaassen eine verdeckte Keule darstellt, in seinem Amylum das Brennmaterial für die Wärmebildung beherbergend: der Unterschied ist also nur der, dass hier das Thermometer dem wärmeerzeugenden Gewebe nicht direct, sondern mit Zwischenlagerung der Antheren oder Fruchtknoten angelegt werden kann. —

Die allgemeinen Resultate, welche ich bei diesen Pflanzen erhalten habe, sind:

1. Alle beobachteten Aroideen haben nur eine einmalige kräftige Wärmeperiode gezeigt, bei keulenbesitzenden wie keulenlosen Arten. Andeutungen einer sehr geringwerthigen Periode an den vorhergehenden oder nachfolgenden Tagen sind angedeutet; ob sie wirklich vorhanden sind, möchte ich nicht entschieden behaupten. Ermöglich würden dieselben durch einen sehr ansehnlichen, im Spadixparenchym vorhandenen Stärkerest.

Calla aethiopica zeigt überhaupt thermometrisch keine Wärmeentwicklung.

2. Die beobachtete Wärme ist oben und unten an der Keule oder ihrem Analogon nicht gleich; bei *Sauromatum* z. B. unten höher als oben. — Höhere Temperaturen als bei *Arum* habe ich nirgends beobachtet. — Die Zeit des Wärmemaximums liegt z. Th. wie bei *Arum*, z. Th. anderszeitig; offenbar wohl im Zusammenhang mit der Dienlichkeit für die Anlockung der Thiere, und deren Gewohnheiten angepasst.

3. Wo Keule und Geschlechtsorgane gesondert auftreten, ist immer jene viel höher temperirt als diese, so dass sich auch hier deutlich zeigt, dass der Geschlechtsact als solcher mit der Temperaturerhöhung gar nichts zu thun hat.

Bemerkungen zu den einzelnen Pflanzen.

Sauromatum guttatum Schott.

Für die Einzelbeschreibung der Blüthe verweise ich auf Engler's Araceae (Decandolle, Monogr. Vol. II p. 570), Abbildung findet sich Bot. Reg. t. 1017. Der grosse Blüthenstand (vgl. die Maasse unserer Pflanzen in der Vorbemerkung zur Tabelle) ist bekanntlich durch einen ausserordentlich langen (fusslangen) und bis fingerdicken glänzenden Appendix, der sich allmählich zugespitzt, anfänglich tief braunroth ist, im Laufe des Blühens aber bleifarben wird und einen sehr starken aasartigen Geruch verbreitet, ausgezeichnet.

Aus den 2 Beobachtungen (Tabelle n. 2 I und II), mit denen die von Arcangeli (a. a. O. p. 95—97) Beobachtungen bestens harmoniren, ergibt sich:

1. Auch bei *Sauromatum* ist der wärmste Theil die Keule, an ihr nimmt die Wärme von oben nach unten zu; auch zeigten, wie bei *Arum*, die Antheren und der Spathenkessel Wärme.

2. Der Periodengang der Keule verläuft wie bei *Arum*, an einem Tage; die höchste von mir beobachtete Uebertemperatur war 8° und 11,7° (Arcangeli fand etwas mehr, bei 13°). Abweichend von *Arum* fällt aber das Maximum in den Morgen. Ich fand es um 9^{15} und 10 Uhr (Arcangeli um 11 und 12 Uhr).

3. Die Antherenwärme hält länger vor als die der Keule; ihr Maximum fiel, im Gegensatz zur Keule, in den späteren Abend.

Die anatomische Untersuchung zeigt vor Allem ein bemerkenswerthes Factum, den Mangel von Papillen am ganzen Appendix.

Philodendron.

Die Blüthenstände, kürzer und gedrungener als bei *Arum*, sind mit einer ziemlich derben aussen grünen, innen weissen Spatha umhüllt, aus welcher, wenn sie sich öffnet, der obere Theil des Spadix herausragt, und schirmartig umstellt ist. Der

Spadix selbst ist kurz, oft dickcylindrisch und in den oberen zwei Dritttheilen dicht mit den bräunlichweissen Antheren, im unteren Theil ebenso dicht von den Fruchtknoten besetzt.

a) *Philodendron macrophyllum* Hort.

Die Beobachtungen, zunächst aus der unter n. 3 in der Tabelle aufgeführten Blüthe, zeigen eine grössere Uebereinstimmung des Wärmeganges (Wärmecurve auf Taf. III) mit *Arum* als mit *Sauromatum*:

1. Eine starke Wärmeperiode beginnt am Nachmittag, erreicht am Abend (8 Uhr 7°) ihr Maximum, um schon Vormitternacht zu erlöschen.

2. Um die Beobachtungszeit ist der Hauptsitz der Wärme im oberen Theil des Spadix, in der Antherensäule; die Fruchtknoten zeigen nur minimale Wärme. Das Maximum der Temperatur wandert von oben nach unten (Antheren oben 7^{40}, unten 8 Uhr, Fruchtknoten 8^{26} Uhr).

3. Der starke nelken- und zimmtartige Geruch der Blüthe ist an die Zeit der stärksten Wärmeentwicklung gebunden.

Neben dieser Beobachtung war es mir möglich noch an zwei anderen Blüthen Versuche anzustellen, welche geeignet sind, die vorhergehenden Resultate zu ergänzen.

Am 1. Februar 1883 blühte ein Exemplar gegen Abend ziemlich unerwartet im Glashaus auf; die Blüthe wurde abgeschnitten (4 Uhr), und in Wasser stehend unter geräumiger Glasglocke im Zimmer beobachtet. 4^{35} Uhr zeigte dieselbe (bei 20,1° Lufttemp.) 5° Ueberschuss; um 5^{15} Uhr 5,4°, um 6^{5} Uhr 5,1°, aber um 8^{15} Uhr war die Temperatur bereits auf 2,1° (Ueberschuss) gesunken. Geruch war am ganzen Abend nicht wahrzunehmen.

Am 2. Februar betrug der Ueberschuss am Vormittag nur 0,1—0,3°, am Nachmittag erhob er sich alsbald auf 0,6—0,8° (4^{45} letztere Temperatur, als Maximum) und verblieb, wenig weichend, am Abend.

Am 3. Februar erhob sich die Temperatur am Nachmittag kräftiger und zeigte folgenden Gang:

Zeit	Ueberschuss	Zeit	Ueberschuss	Zeit	Ueberschuss
2^{10p}	0.9	5^{20}	2.9	6^{15}	3 4
3^{30}	0.9	5^{25}	3,1	6^{20}	3.2
4	1.1	5^{30}	3.3	6^{40}	2,7
4^{35}	1,3	5^{40}	3.6	7	2.1
4^{55}	1,8	5^{45}—6^{p}	3,7	8^{10}	1,0
5^{5}	2,1	6^{5}	3,6	8^{35}	0 8
5^{15}	2,6	6^{10}	3,5		

Der 4. Februar endlich verhielt sich ganz dem 2. Februar gleich.

Im Verein mit der Beobachtung an der ersten Pflanze, drängt sich der Gedanke auf, ob nicht dieses *Philodendron*

1. unter günstigen Vegetationsbedingungen eine einmalige kräftige Wärmeperiode hat, der nur ganz kleine Hebungen und Senkungen vorausgehen und nachfolgen;

2. unter weniger günstigen Verhältnissen mehrere Tage hintereinander schwache Wärmeperioden — wiederholte Perioden also — durchmacht.

Ein drittes Exemplar, das am 15. Februar Nachmittags zwischen 2 und 3 Uhr seine Spatha zu lockern begann, war bis 5 Uhr Abends so weit offen, dass der Spadix sichtbar wurde. Es wird alsbald (an der unversehrten Pflanze im Warmhaus) ein Thermometer an der unteren Hälfte der Antherensäule angebracht. Die Temperatur war um 7 Uhr 6,0° und so bis 7^{25} Uhr, von da begann ein Sinken (7^{40} Uhr 5,4°, um 7^{55} Uhr bereits 4,1°; um 8^{10} Uhr 3,1° und um 8^{20} Uhr 2,3°).

Am folgenden Tag wurde der Blüthenstand abgeschnitten; er zeigte den ganzen Tag einige Zehntel Temperaturerhöhung. Zugleich wurden aber an der Blüthe im Zimmer mit Hülfe eines Meyerstein'schen Multiplicators und feiner Thermonadeln einige thermoelectrische Versuche gemacht. Diese ergaben:

1. wiederholt zeigte sich, dass der Spathenkessel wärmer ist als die umgebende Luft, Vor- und Nachmittags;

2. an der Antherensäule, die ca. 12 cm lang ist und aus der Spatha bis auf ihren alleruntersten Theil vollständig herausragt, nimmt die Temperatur von oben nach unten zu. Als Skalenausschläge notire ich z. B.:

oben	1,7
Mitte	3,1
unten	4,5

3. Die Fruchtknoten waren gleichfalls warm und zwar so warm als der untere Staubgefässtheil.

b) *Philodendron alboraginatum* C. Koch et Sello. — Engler, a. a. O. p. 418.

Versuche an abgeschnittenen, unter Glocke gehaltenen Exemplaren. Das in der Curventafel (Taf. III) mit b bezeichnete Exemplar hat einen sehr regelmässigen Periodengang, dem des *Arum* gleich. Er beginnt am Nachmittag, erreicht unter stetigem Steigen Abends 9^{20} Uhr sein Maximum und ist am andern Morgen zu Ende, für immer. Das zweite Exemplar (a auf der Tafel) verhält sich etwas abweichend. Es hat 2 Maxima, ein kleines um 3 Uhr, und ein grosses um die gewöhnliche Zeit, um 8^{30} Uhr mit 7,4°. Der Gang dieser Blüthe ist, wie man aus der Curve sieht, über-

haupt ein weniger fester und energischer als der des andern; ich bin geneigt, den Periodengang der ersten Blüthe für normal, den der letzten als Abnormität anzusehen.

Calla aethiopica Gaertn.

Ich habe im Februar 1883 fünf kräftige Topfexemplare im Zimmer, unbedeckt, auf Wärmebildung untersucht. Die Blüthen wurden in verschiedenen Stadien, eben aufblühend und vollblühend, vor und nach der Pollenemission, an der Antherensäule, wie an den Fruchtknoten — tagelang beobachtet. Stets mit negativem Erfolg, auch nicht ein einziges Mal erreichte das angelegte Thermometer die Lufttemperatur (16—22°); es blieb, offenbar durch Verdunstungskälte der Pflanze beeinflusst, immer um etwa ½ Grad hinter dem danebenhängenden Luftthermometer zurück.

Gärtner, der die Pflanze schon vor mehr als 40 Jahren untersuchte (Flora 1842 Beibl. I. Bd. S. 83) spricht auch von „gänzlichem Mangel von Wärmeentwicklung" (S. 86). Später, in seinem Buche über Befruchtung (S. 169—180), hat er ausführliche Zahlenreihen neuer Beobachtungen mitgetheilt und leitet aus diesen eine „Eigenwärme" der Blüthe ab. Seine Zahlen (a. a. O. S. 172—177) beweisen aber das gerade Gegentheil. Ich habe die Zahlen auf Curven gebracht und finde

1. dass die Kolbentemperatur niemals über Lufttemperatur geht, vielmehr stets unter derselben bleibt (Verdunstungskälte), und

2. dass sie ganz im Sinne der Lufttemperatur schwankt, mit ihr auf- und niedergeht, so lange die Pflanze im Schatten beobachtet wurde (seine Tabellen S. 172—174).

3. In der Sonne stehend zeigt die Keule — durch Wärmeabsorption — erhöhte Temperatur, sobald die Keule in Schatten gelangt, sinkt die Temperatur wieder unter die der Luft.

Es ist demnach ganz unerklärlich, wie Gärtner dazu kommt, von Eigenwärme zu sprechen.

Anthurium acaule Schott

hat mir, in den verschiedensten Entwicklungsstadien beobachtet, niemals erhöhte Temperatur (thermometrisch) gezeigt. Das Gleiche gilt von *Monstera Lennea* C. Koch.

Tabelle III.

1. *Arum maculatum.*

In den letzten Apriltagen im Knospenzustand aus dem Freien in einen Topf verpflanzt. Am 4 Mai 1882, einem warmen, sonnigen Tag, Mittags 12 Uhr war die Spatha noch geschlossen, um 1 Uhr soweit aufgerollt, dass die schwarzrothe Keule sichtbar wurde. Der Topf, bisher im Freien, wird nun in's Zimmer gebracht und ein Thermometer (Normalth. in $^1/_{10}{}^0$ getheilt) in der Mitte der Keule (T⁰ Ko.) später auch in den Tubus (T⁰ Tu.) ungefähr an die Staubgefässe eingesenkt.

Das anfänglich auf 23⁰ gestiegene Keulenthermometer sinkt kurz vor 3 Uhr bis auf wenige Zehntel über Lufttemperatur. Nun beginnt die Beobachtung.

	Zeit	T⁰ Lu.	T⁰ Ko.	Uebersch.	T⁰ Tu.	Uebersch.
4. Mai.	2^{55}	19,4	19,7	0,3	20,3	0.9
	3	19.4	19 9	0,5	20.9	1,5
	3^{5}	19,4	20,0	0.6	21.0	1.6
	3^{10}	19,5	20,1	0.6	21.0	1,5
	3^{15}	19,45	20,3	0,85	21,0	1,55
	3^{25}	19 6	20,8	1.2	21,05	1,45
	3^{30}	19,5	21,1	1.6	21.05	1.55
	3^{40}	19,5	21,4	1,9	21.0	1.5
	3^{45}	19,4	21,5	2.1	20,95	1.55
	3^{50}	19,6	21,9	2,3	21,05	1,45
	3^{55}	19,6	22,0	2.4	20,8	1.2
	4	19,7	22.2	2.5	20.6	0,9
	4^{5}	19,6	22,3	2 7	20,55	0,95
	4^{10}	19,5	22.35	2.75	20 5	0,9
	4^{15}	19,6	22,4	2.8	20,5	0,9
	4^{20}	19,6	22,55	2,95	20,5	0.9
	4^{25}	19.6	22.6	3,0	20.5	0.9
	4^{30}	19.6	22.55	2,95	20.5	0,9
	4^{35}	19,6	22,5	2,9	20.3	0.7
	4^{40}	19.5	22,5	3,0	20,3	0.8
	4^{45}	19.5	22,5	3.0	20,3	0.8
	4^{50}	19,4	22,55	3,15	20,2	0.8
	4^{55}	19,4	22,6	3,2	20,2	0,8
	5	19,4	22,65	3,25	20,25	0,85
	5^{5}	19.4	22,7	3.3	20,2	0,8
	5^{10}	19,4	22,7	3,3	20,15	0.75
	5^{15}	19,4	22,65	3,25	19.9	0,5
	5^{20}	19,3	22,65	3,25	19.8	0,5
	5^{25}	19,3	22,7	3,4	19.75	0,45
	5^{30}	19,4	22,7	3,3	19,65	0,25
	5^{35}	19,4	22,8	3,4	19,65	0,25

Zeit	T⁰ Lu.	T⁰ Ko.	Uebersch.	T⁰ Tu.	Uebersch.
5^{40}	19,35	22,9	3,55	19,55	0,20
5^{45}	19,3	22,9	3,6	19,5	0,2
5^{50}	19,2	22,9	3,7	19,35	0,15
5^{55}	19,3	23,0	3,7	19,3	0,0
6	19,3	22,95	3,65	19,2	— 0,1
6^{5}	19 2	23,0	3,8	19,2	0,0
6^{10}	19,0	23,0	4,0	19,05	0,05
6^{15}	19,0	23,0	4,0	19,0	0,0
6^{20}	19,0	23,1	4 1	19,0	0,0
6^{25}	19,0	23,15	4,15	19,0	0,0
6^{30}	19,0	23,1	3,1	18,95	— 0,05
6^{35}	19,0	23,05	4,05	18,95	— 0,05
6^{40}	19,0	22,95	3,95	19,9	— 0,1
6^{45}	19,0	22,8	3,8	18,9	— 0,1
6^{50}	19,0	22,6	3,6	18,85	— 0,15
6^{55}	18,9	22,6	3,7	18,8	— 0 1
7	18,9	22 6	3,7	18,8	— 0,1
7^{5}	18 9	22,4	3,5	18,8	— 0,1
7^{10}	18,9	22,4	3,5	18,8	— 0,1
7^{15}	18,9	22,45	3,55	18,8	— 0,1
7^{20}	18,9	22,4	3,5	18,8	— 0,1
7^{25}	18,9	22,4	3,5	18,8	— 0,1
7^{30}	18,9	22,3	3,4	18,85	— 0,05
7^{35}	18,9	22,3	3,4	18,9	0,0
7^{40}	18,9	22,3	3,4	18,9	0,0
7^{45}	18 95	22,2	3,25	18,95	0,0
7^{50}	19,2	22,35	3,15	19,25	0,05
7^{55}	19 4	22,55	3,15	19,5	0,1
8	19 5	22,65	3,15	19,65	0,15
8^{5}	19,6	22,65	3,05	19,75	0,15
8^{10}	19,7	22,6	2,9	19,7	0,0
8^{15}	19,6	22,7	3,1	19,65	0,05
8^{20}	19,6	22,9	3,3	19,7	0,1
8^{25}	19,6	23,05	3,45	19,8	0,2
8^{30}	19,6	23,05	3,45	19,75	0,15
8^{35}	19,5	23,1	3,6	19,75	0,25
8^{40}	19,5	23,1	3,6	19,7	0,2
8^{45}	19,6	23,0	3,4	19,7	0,1
8^{50}	19,6	23,1	3,5	19,7	0,1
8^{55}	19,8	23,25	3,45	19,7	— 0,1
9	19,7	23,4	3,7	19,8	0,1
9^{5}	19,8	23,25	3,45	19,6	— 0,2
9^{10}	19,8	23,15	3,35	19,6	— 0,2
9^{15}	19,7	23,3	3,6	19,6	— 0,1
9^{20}	19,8	23,5	3,7	19,7	— 0,1

	Zeit	T⁰ Lu.	T⁰ Ko.	Uebersch.	T⁰ Tu.	Uebersch.
	9^{25}	19,9	23,6	3,5	19,8	— 0,1
	9^{30}	19,9	23,95	4,05	20,0	0,1
	9^{35}	20,0	24,3	4,3	20,2	0,2
	9^{40}	20,0	24 45	4,45	20,3	0,3
	9^{45}	20,0	24,6	4,6	20,4	0,4
	9^{50}	20,0	24,75	4,75	20,5	0,5
	9^{55}	19,8	24,75	4,95	20,5	0,7
	10	19,8	24.9	5,1	20,55	0,75
	10^{5}	19,9	25.15	5,25	20,6	0,7
	10^{10}	19,8	25,45	5.65	20,7	0,9
	10^{15}	20,0	25.55	5,55	20,7	0,7
	10^{20}	19.9	25,7	5.8	20,7	0,8
	10^{25}	19,8	26,0	6.2	20.6	0,8
	10^{30}	19,8	26,0	6,2	20,5	0,7
	10^{35}	19,8	26,15	6,35	20,3	0,5
	10^{40}	19,7	26 2	6,5	20,2	0,5
	10^{45}	19,7	26,25	6,55	20,1	0,4
	10^{50}	19.6	26.4	6,8	19,9	0,3
	10^{55}	19,6	26,3	6,7	19,85	0,25
	11	19,6	26,3	6,7	19,8	0,2
	11^{5}	19,6	26 3	6,7	19,7	0.1
	11^{10}	19,5	26,2	6,6	19,6	0,1
	11^{15}	19,6	26,2	6.6	19,6	0.0
	11^{20}	19.6	26.0	6.4	19,6	0,0
	11^{25}	79,6	25,95	6,35	19,5	— 0,1
	11^{30}	19,5	25,8	6.3	19,5	0,0
	11^{35}	19,5	25.6	6,1	19,5	0,0
	11^{40}	19,5	25,4	6.1	19,55	0,05
	11^{45}	19,5	25,15	5,65	19.5	0,0
	11^{50}	19.5	25,05	5,55	19,5	0,0
	11^{55}	19,6	24.8	5,2	19,45	— 0,15
	12	19,5	24,55	5,05	19,5	0,0
5. Mai.	4^{a}	18,0	17,90	— 0,10	17,0	— 1.0
	5^{a}	17,8	17,5	— 0,3	17,0	— 0,8
	6^{a}	17,8	17,3	— 0.5	16,8	— 1,0
	7^{a}	17.8	17,2	— 0,6	17,4	— 0,4
	8^{a}	17,8	16,9	— 0,9	18,3	0,5
	9^{30}	18,0	17,0	— 1,0	18,60	0,6
	10^{30}	18,0	16,75	— 1,25	18,2	0,2
	11^{30}	17,8	16,6	— 1,2	17,7	— 0,1
	12^{m}	17,8	16,6	— 1,2	17,6	— 0,2
	1^{p}	17,8	16,5	— 1,3	17,4	— 0,4
	2^{p}	17,8	16,5	— 1,3	17,2	— 0,6
	3^{p}	17,8	16,4	— 1,4	17,0	— 0.8
	4	17,8	16.3	— 1,5	16.85	— 0,95

	Zeit	T° Lu.	T° Ko.	Uebersch.	T° Tu.	Uebersch.
	5	17,7	16,2	— 1,5	16,7	— 1,0
	6	17,6	16,2	— 1,4	16,6	— 1,0
	9	17,2	15,8	— 1,4	16,1	— 1,1
6. Mai.	5^{a}	16,2	15,0	— 1,2	14,9	— 1,3
	7^{a}	16,4	15,1	— 1,3	14,9	— 1,5
	8^{a}	16,4	15,3	— 1,1	14,9	— 1,5

2. *Sauromatum guttatum* (I).

Hierzu Curve auf Taf. III.

Die Pflanze treibt Ende Februar ihren Blüthenstand; im Dunkel und Vermehrungshaus gehalten, ist dieser am 3. März im Aufgehen, d. h. der rothe Spadix wird aus der Spatha an der Spitze sichtbar. Am 4. März früh 7 Uhr, wo die Pflanze ins Zimmer gebracht wurde, war der Blüthenstand 3,5 dcm lang und offen, d. h. es konnte ein Thermometer mit Leichtigkeit in den Spathenbauch eingeführt werden. Beobachtung unter einer Glocke, durch deren Tubulus das Ende des Spadix herausgeführt war. Luftthermometer frei, dicht daneben.

Anfänglich Temperatur der Staubgefässe, später auch der Keule (5 cm über dem Staubgefässkranz) gemessen.

	Zeit	T° Lu.	T° Anth.	Uebersch.
4. März.	8^{45a}	18,35	18,3	—
	9	18,5	18,4	—
	9^{15}	18,4	18,1	—
	9^{45}	18,7	18,7	—
	10^{a}	19,1	19,0	—
	10^{15}	19,8	19,7	—
	10^{35}	20,0	19,9	—
	10^{50}	20,3	20,3	0,0
	11^{15}	20,5	20,6	0,1
	11^{25}	20,6	20,7	0,1
	11^{35}	20,8	20,9	0,1
	12^{m}	20,9	21,0	0,1
	12^{15p}	20,9	21,15	0,25
	12^{40}	20,5	21,05	0,55
	1^{40}	20,7	20,7	0,0
	1^{55}	20,9	21,1	0,2
	2^{30}	21,3	21,6	0,3
	2^{45}	21,4	21,7	0,3
	3^{p}	21,5	21,8	0,3
	4^{p}	21,4	21,8	0,4
	4^{30}	21,3	21,7	0,4
	5^{p}	21,0	21,5	0,5
	5^{30}	20,85	21,4	0,45
	6^{p}	20,7	21,3	0,6
	7^{45}	20,6	20,9	0,3
	8^{15}	20,85	21,15	0,30
	9^{p}	20,9	21,25	0,35
	9^{30}	20,9	21,3	0,4
	10^{p}	20,95	21,35	0,4
5. März.	12^{30a}	20,8	21,3	0,5
	3^{45a}	19,7	20,2	0,5
	4^{45}	19,4	19,8	0,4
	7	18,7	19,2	0,5
	7^{30}	18,7	19,2	0,5
	8^{a}	19,05	19,3	0,25
	8^{30}	19,5	19,7	0,2
	8^{45}	19,6	19,9	0,3
	9^{a}	19,5	19,9	0,4
	9^{30}	19,8	20,2	0,4
	9^{45}	19,85	20,2	0,35
	10^{20}	19,8	20,3	0,5
	10^{45}	19,9	20,3	0,4
	11^{15}	19,9	20,4	0,5
	11^{45}	20,35	20,65	0,3
	12^{m}	20,5	20,8	0,3
	12^{5}	20,6	20,9	0,3

	Zeit	T^0 Lu.	T^0 Anth.	Uebersch.
	12^{30p}	20,8	21,2	0,4
	12^{40}	20,9	21,3	0,4
	12^{50}	20,95	21,4	0,45
	1^{5}	21,1	21,5	0,4
	1^{40}	21,25	21,7	0,45
	2^{5}	21,5	22,0	0,50
	2^{35}	21,5	22,1	0,60
	3^{5}	21,6	22,2	0,6
	3^{20}	21,5	22,1	0,6
	3^{45}	21,5	22,1	0,6
	4^{30}	21,2	21,8	0,6
	5	21,7	22,35	0,65
	5^{30}	21,1	22,0	0,9
	6	20,9	21,6	0,7
	6^{30}	20,85	21,5	0,65
	7	21,3	21,6	0,3
	7^{10}	21,6	21,8	0,2
	7^{25}	21,7	22,0	0,3
	7^{45}	21,7	22,1	0,4
	8^{p}	21,7	22,2	0,5
	8^{25}	21,8	22,3	0,5
	8^{55}	22,0	22,4	0,4
	9^{15}	22,2	22,7	0,5
	9^{30}	22,2	22,7	0,5
6. März.	5^{30a}	19,7	20,2	0,5
	6^{15}	19,6	20,0	0,4
	7^{a}	19,8	20,1	0,3
	7^{20}	20,3	20,6	0,3
	7^{45}	20,5	20,7	0,2
	8^{15}	20,7	21,0	0,3
	9^{a}	21,1	21,3	0,2
	9^{30}	20,7	21,15	0,45

	Zeit	T^0 Lu.	T^0 Anth.	Uebersch.
	9^{45}	20,7	21,15	0,45
	10^{15}	20,3	20,9	0,6
	10^{30}	20,8	21,0	0,2
	11^{30}	21,45	21,7	0,25
	11^{45}	21,55	21,8	0,25
	12^{m}	21,6	21,9	0,3
	1^{p}	21,45	22,05	0,6
	1^{30}	21,3	22,1	0,8
	2^{p}	20,3	21,4	1,1
	2^{30}	21,8	22,6	0,8
	3^{p}	22,2	23,0	0,8
	3^{20}	22,75	23,5	0,75
	3^{45}	22,8	23,6	0,8
	4^{p}	22,9	23,8	0,9
	4^{15}	23,2	24,0	0,8
	4^{30}	23,25	24,1	0,85
	4^{45}	23,05	23,9	0,85
	5^{p}	22,9	23,8	0,9
	5^{15}	22,7	23,7	1,0
	5^{30}	22,55	23,5	0,95
	5^{45}	22,4	23,3	0,9
	6^{p}	22,5	23,3	0,8
	6^{30}	22,2	23,0	0,8
	7	22,1	22,4	0,3
	7^{15}	22,5	23,0	0,5
	8^{15}	21,7	22,7	1,0
	9	22,0	22,7	0,7
	9^{30}	22,0	22,9	0,9
	10^{p}	22,1	22,9	0,8
7. März.	3^{30a}	20,4	21,4	1,0
	6^{30}	19,6	20,6	1,0
	7^{20}	19,4	20,5	1,1

Zeit	T^0 Lu.	T^0 Anth.	Uebersch.	T^0 Keule	Uebersch.	Bemerkungen.
7^{30}	19,4	20,5	1,1	—	—	
7^{45}	19,6	20,6	1,0	20,75	1,15	
7^{50}	19,65	20,6	1,05	20,8	1,15	
7^{55}	19,6	20,75	1,15	21,5	1,9	Im Laufe des Vormittags gegen 9 Uhr stellt sich der penetrante Geruch ein; gegen Mittag beginnt der Spadix sich bleigrau zu verfärben.
8^{a}	19,7	20,8	1,1	21,9	2,2	
8^{15}	20,0	21,3	1,3	22,65	2,65	
8^{30}	20,3	21,65	1,65	24,4	4,1	
8^{40}	20,4	21,8	1,4	24,8	4,4	
8^{45}	20,5	22,0	1,5	25,3	4,8	
8^{50}	20,6	22,2	1,6	25,6	5,0	
8^{55}	20,7	22,3	1,6	25,7	5,0	
9^{5}	20,8	22,5	1,7	25,8	5,0	

Zeit	T^0 Lu.	T^0 Anth.	Uebersch.	T^0 Keule	Uebersch.	Bemerkungen.
9^{10}	20,9	22,7	1,8	25 9	5.0	
9^{15}	21,2	22,8	1,6	27,4	6,2	
9^{20}	21,3	22,8	1.5	27,6	6,3	
9^{25}	21,5	23,0	1,5	27.8	6.3	
9^{30}	21,6	23,1	1,5	28,0	6,4	
9^{35}	21,7	23,2	1,5	28,1	6,4	
9^{40}	21,7	23.3	1,6	28.2	6.5	
9^{45}	21,8	23,35	1,55	28.4	6,6	
9^{50}	21,9	23.4	1,5	28,7	6,8	
10^{a}	21,8	23,5	1,7	29,2	7,4	
10^{5}	21,8	23,6	1,8	29.9	8,1	
10^{10}	21,9	23,65	1,75	30,05	8,15	
10^{15}	21,9	23,7	1,8	30,1	8,2	
10^{20}	21,9	23,7	1,8	30,1	8,2	
10^{25}	21,9	23,7	1,8	30,1	8,2	
10^{35}	22,0	23,8	1.8	30,1	8,1	
10^{40}	22,0	23,9	1,9	30,1	8,1	
10^{50}	22,0	24.0	2,0	29,9	7,9	
10^{55}	22,0	24,05	2.05	29,8	7,8	
11^{a}	22,0	24,1	2,1	29,7	7,7	
11^{5}	22,0	24,1	2,1	29,6	7,6	
11^{10}	22,0	24,1	2,1	29,6	7,6	
11^{15}	22,0	24,05	2,05	29,5	7,5	
11^{20}	22.0	24,1	2,1	29,5	7,5	
11^{25}	22,0	24,1	2,1	29,3	7,4	
11^{35}	22,0	24.2	2,2	29,35	7,35	
11^{45}	22,0	24,2	2,2	29,25	7,25	
12^{m}	22,0	24,2	2,2	29,1	7,1	
12^{10}	22,0	24,25	2.25	29,0	7,0	
12^{20}	22,0	24,3	2.3	28.95	6,95	
12^{30}	22,0	24,35	2.35	28 85	6,85	
12^{40}	22,0	24,4	2,4	28.8	6,8	
12^{50}	22,0	24,4	2,4	28,6	6,6	
1^{p}	22,0	24,4	2,4	28,5	6,5	
1^{30}	21,6	24,1	2,5	27,3	5,7	
1^{45}	21,4	23,5	2,1	26,2	4,8	
2^{p}	21,4	23,4	2,0	26,2	4,8	
2^{15}	21,4	23,4	2.0	26.2	4,8	
2^{45}	21,4	23,8	2,4	26,0	4,6	
3^{p}	21,4	23,8	2,4	24,1	2,7	
3^{15}	21,6	23,9	2,3	24,0	2,4	
3^{25}	21,6	24,0	2,4	24,0	2,4	
3^{35}	21,8	24,1	2,3	23,85	2,05	
3^{45}	21,8	24,1	2,3	23.7	1,9	
4^{p}	21,4	24,0	2,6	23,6	2,2	

	Zeit	T⁰ Lu.	T⁰ Anth.	Uebersch.	T⁰ Keule	Uebersch.	Bemerkungen.
	4^{10}	21,4	24,0	2.6	22,9	1,5	
	4^{20}	21,4	24,0	2,6	22.75	1,3	
	4^{30}	21,4	24,1	2,7	22,7	1,3	
	4^{45}	21,7	24,3	2.6	22,8	1,1	
	4^{55}	21,6	24,2	2,6	22,45	0,85	
	5^{5}	21,7	24,2	2,5	22,25	0 55	
	5^{15}	21,4	24,1	2,7	22,1	0,7	
	5^{25}	21,2	24,1	2.9	21,9	0,7	
	5^{30}	21,2	24,1	2.9	21,85	0,65	
	6^{p}	20,8	23,9	3,1	21.5	0,7	
	7^{p}	21,4	24,1	2.7	—	—	
	8^{p}	20,6	24,1	3,5	—	—	
	9^{30}	20,0	22,4	2,4	—	—	Gegen Abend (7. März) beginnen
	10	19.8	20,6	1,8	—	—	die Staubgefässe sich zu öffnen
8. März.	3^{a}	18,8	20,6	1,8	—	—	und sind am Morgen des 8. März
	6^{a}	18,0	18,4	0,4	—	—	völlig verstäubt.

Sauromatum guttatum (II).

Der Blüthenstand geht am 5. Mai Abends auf und ist am 6. Mai früh 6 Uhr völlig offen. Die Spatha hängt herab und rollt sich zwischen 7—8 Uhr schraubig; während letzterer Zeit beginnt auch der Geruch. — Im Zimmer unter Glocke, mit 3 Thermometern versehen: an der Basis des Spadix, über der Mitte desselben und im Tubus der Spatha.

	Zeit	T⁰ Lu.	Keule u.	Uebersch.	Keule o.	Uebersch.	Tubus	Uebersch.	Bemerkungen.
6. Mai.	9^{15a}	17,3	29,0	11,7	27,2	9,9	19,7	2,4	
	9^{20}	17,6	29,15	11.55	28,1	10.5	19,7	2,1	
	9^{35}	17,7	29,1	11,4	28.15	10,4	19,8	2,1	
	9^{45}	17,9	29,05	11,15	28.25	10,35	19.95	2,05	
	9^{55}	18,1	29,1	11,0	28,2	10,1	20,1	2,0	
	10^{5}	18,25	29,25	11,0	28,3	10,05	20,2	1,95	
	10^{15}	18,3	29,35	11,05	28,3	10,0	20,3	2,0	
	10^{25}	18,3	29.5	11,2	28,3	10,0	20.5	2,2	
	10^{45}	18,3	29,4	11,1	28.0	9,7	20.8	2.5	
	11^{15}	18,3	29,1	10.8	27,3	9,0	21,0	2,7	
	11^{25}	18,5	29,05	10,55	27,0	8,55	21,4	2,9	
	11^{45}	18,45	28,75	10,3	26,4	7,95	21,65	3,20	
	12^{m}	18,5	28,1	9,6	26,0	7,6	21,8	3,3	
	2^{p}	19,6	26,2	6,6	23,7	4,1	24,0	4,4	
	3^{30}	19,1	23,0	3,9	20,8	1,7	22,4	3,2	
	4^{30}	19,0	21,95	2,95	20,05	1,05	22,0	3,0	
	5	19,6	22,4	2,8	20,65	1,05	22,9	3,3	
	6	19,8	22,3	2,5	20,8	1,0	23,1	3,3	
	6^{30}	19,2	21,5	2,3	19,8	0,6	22,2	3,0	
	8^{10}	18,0	19,8	1,8	18,1	0,1	21,0	3,0	

	Zeit	T⁰ Lu.	Keule u.	Uebersch.	Keule o.	Uebersch.	Tubus	Uebersch.	Bemerkungen.
7. Mai.	5^{a}	15,8	16,55	0,75	15,8	0,0	18,05	2,25	Pollen ausfallend.
	9	16.8	17,65	0,85	17,0	0,2	18,3	1,5	
	11	17,6	18,5	0,9	17,7	0,1	19,5	1,9	
	5^{30p}	18,9	19.0	0,1	19,0	0,1	10,0	0,1	
	7	17,9	17,8	—	17,8	—	18,0	0,1	

3. *Philodendron macrophyllum.*

Hierzu Curven auf Taf. III.

Der am 25. Februar im Laufe der ersten Nachmittagsstunden im Warmhause aufgeblühte Kolben wird in einem geheizten Saale frei in Wasser stehend, am Fenster, beobachtet. Zwei Thermometer liegen an den Staubgefässen, eines an den Pistillen an; von ersteren beiden ist das untere in den Tubus der Spatha mit eingeschlossen; das obere an dem frei ragenden Theile der Staubgefässe, das untere 2,5 cm von jenem entfernt angebracht. Länge der Spatha 15 cm, des mit Antheren besetzten oberen Kolbentheiles 11 cm, des weiblichen 4 cm.

	Zeit	T⁰ Lu.	T⁰ St. ob.	Uebersch.	T⁰ St. unt.	Uebersch.	T⁰ Pist.	Uebersch.	Bemerkungen.
25. Febr.	5^{10p}	17,2	17,4	0,2	18,3	1,1	—	—	
	5^{30}	16,9	17,2	0,3	17,8	0,9	—	—	
	6^{40}	17,4	17,4	0,0	19,3	1,9	—	—	
	7	17,6	17,9	0,3	20,5	2,9	—	—	Der zimmtnelkenartige
	7^{15}	17,7	18.4	0,7	22,3	4,6	—	—	Geruch wird um
	7^{25}	17,8	18,8	1,0	23.2	5,4	18,0	0,2	7 Uhr ziemlich stark
	7^{30}	18,1	18,9	0.8	23,6	5,5	18,1	0,0	und nimmt innerhalb
	7^{40}	18,1	19,2	1,1	24.5	6,4	18,3	0,2	¼ Stunde beträcht-
	7^{50}	18,2	19,2	1,0	25,2	7,0	18,5	0,3	lich zu.
	8	18,1	19.0	0,9	25.1	7,0	18,7	0,6	
	8^{10}	18,3	18,9	0,6	24.5	6,2	18,7	0,4	
	8^{15}	18,3	19,2	0,9	23 9	5.6	18,7	0,4	
	8^{25}	18,2	18,85	0,65	23,2	5,0	18,7	0,5	
	8^{35}	18,2	18,95	0,75	22,6	4,4	18,7	0,5	
	8^{45}	18,2	18,85	0,65	21,9	3,7	18,6	0,4	Der Geruch ist um
	9	18,2	18,85	0,65	21,2	3,0	18,55	0,35	8^{45} bereits sehr
	9^{15}	18,2	18,9	0,7	20,7	2,5	18,5	0,3	schwach.
	9^{30}	18,2	18,8	0,6	20.4	2,2	18,45	0,25	
	9^{45}	18,2	18,8	0,6	20,1	1,9	18,4	0,2	
	10^{15}	18,2	18,7	0,5	19,6	1,6	18,3	0,1	
	10^{45}	17,9	18,2	0,3	18,9	1,0	17,9	0,0	
26. Febr.	12^{45a}	17,5	17,7	0,2	17,85	0,35	17,3	—0,2	Ganz schwacher Ge-
	4^{45a}	16,7	17,0	0.3	16,8	0,1	16,4	—0,3	ruch, auch früh 4^{45}
	6^{45}	16,2	16,5	0,3	16,4	0,2	16,1	—0,1	noch.
	7^{15}	15,8	16,05	0,25	16,05	0,25	16,7	0,9	Um diese Zeit tagt es.
	8	15,65	15,9	0,25	15,7	0,05	15,5	—0,15	Geruch noch nicht
	8^{30}	16,15	16.25	0,1	16,0	—0,15	15,65	—0,5	völlig verschwunden.

Zeit	T° Lu.	T° St. ob.	Uebersch.	T° St. unt.	Uebersch.	T° Pist.	Uebersch.	Bemerkungen.
9^{15}	16,5	16,7	0,2	16,4	—0,1	16,0	—0,5	
9^{30}	16,7	16,9	0,2	16,6	—0,1	16,2	—0,5	
10	16,9	17,0	0,1	16.85	—0,05	16,4	—0,5	
10^{30}	17,4	17,4	0,0	17,1	—0,3	16.6	—0,8	
11	17,1	17,5	0,4	17 3	0,2	16.9	—0,2	
11^{15}	17,4	17,6	0.2	17.4	0.0	16.9	—0,5	
11^{45}	17,9	18,05	0,15	17 8	—0,1	17,2	—0,7	
12^{m}	18,0	18,2	0,2	17.95	—0,05	17,4	—0,6	
12^{40}	17,9	18,25	0,35	18 1	0,2	17,6	—0,3	
1^{p}	18,2	18,35	0,15	18 15	—0,05	17,65	—0,55	
2^{p}	18,25	18,45	0,20	18 3	0,05	17,95	—0,3	
2^{30}	18,1	18,3	0,2	18,15	0,05	17,9	—0,2	
3^{p}	18,0	18,25	0,25	18,20	0,2	17,9	—0,1	
3^{30}	17,7	18,1	0,4	18,0	0,3	17,7	0,0	
4^{p}	17,5	17,75	0,25	17,7	0,2	—	—	
4^{30}	17,45	17,6	0,15	17,5	0,05	17,4	—0,05	
5	17,4	17,7	0.3	17,55	0,15	17,3	—0,1	
5^{50}	17,45	17,7	0.25	17,55	0,1	17,2	—0,25	
6^{15}	17,65	17,75	0.1	17,1	—0,55	17,2	—0,45	
6^{30}	17,7	17,85	0,15	17,15	—0 55	17,3	—0,4	
6^{45}	17,6	18,0	0.4	17,8	0.2	17,35	—0,25	
7	17,8	18,25	0,45	18,05	0,25	—	—	
7^{20}	18,2	18,3	0,1	18 2	0,0	17,7	—0,5	
7^{45}	18,25	18,3	0,05	18,3	0.05	—	—	
8^{15}	18,5	18,6	0,1	18,5	0 0	—	—	
9	17,9	17,8	—0,1	17,8	—0.1	—	—	
9^{45}	17,8	17,9	0,1	17 9	0.1	17.65	—0,15	
10^{15}	17,5	17,65	0,15	17,7	0,2	—	—	
27. Febr. $1^{45\,a}$	17,4	17,6	0.2	17 5	0,1	17,2	—0,2	
7^{a}	16,6	16,8	0,2	16 7	0,1	—	—	
8^{a}	16,55	16,7	0.15	16 55	0.0	—	—	
9^{30}	17,5	17,4	—0,1	17,2	—0 3	—	—	
12^{m}	17,2	17,4	0.2	17.3	0,1	17,1	—0,1	
12^{30}	17,15	17,45	0,3	17,25	0,1	17,05	—0,1	
3^{p}	17,1	17,35	0,25	17,2	0,1	—	—	
5	17,1	17,35	0,25	17,25	0,15	—	—	
7	17,2	17,4	0,2	17.5	0,3	—	—	
9	16,8	—	—	17.1	0,3	—	—	
28. Febr. 7^{a}	16,3	16,4	0,1	16,5	0,2	—	—	
7^{45}	16,1	16,2	0,1	16.1	0,0	15,8	—0,3	
8	16,05	16,2	0,15	16,1	0,05	15.85	—0,2	
12^{m}	15,95	16,2	0,25	16,1	0 15	—	—	
10^{p}	17,0	17,1	0 1	16,9	—0,1	—	—	

Am 1. März fand ich an den Antheren noch $1-{}^{2}/_{10}{}^{0}$ Temperaturüberschuss und eine kaum wahrnehmbare Geruchsentwicklung.

4. *Philodendron albovaginatum* C. Koch et Sello.

16. Mai 1883.

Dimensionen: Länge der Spatha: 10 cm; Länge der mit Staubfäden besetzten Keule; 5,5 cm. Auf der Curven-Tafel mit b bezeichnet.

Zeit	T° Lu.	T° St.	Uebersch.	Bemerkungen.
3^{50}	23,1	25,5	2,4	2^{30} Nachm. aus dem Glashaus genommen und mit dem Stiel in Wasser gestellt. Beobachtung im Zimmer, zur Ausgleichung der Temperaturdifferenzen, erst nach einer Stunde begonnen. Thermometer in Mitte der Staubgefässsäule.
4^{p}	23,15	25,9	2,8	
4^{10}	23,2	26,0	2,8	
4^{20}	23,1	26.0	2,9	
4^{30}	23,2	26,1	2,9	
4^{40}	23,2	26,1	2.9	
4^{50}	23,2	26,1	2,9	
5	23,2	26,1	2,9	
5^{10}	23,4	26.1	2,7	
5^{20}	23,4	26,0	2,6	
5^{30}	23,4	26,0	2,6	
5^{40}	23,4	26,0	2,6	
5^{50}	23,4	26,0	2,6	
6	23,4	26,0	2,6	
6^{10}	23,4	26,1	2,7	
6^{20}	23,4	26,2	2 8	
6^{30}	23,35	26,3	2,95	Um diese Zeit beginnt die Pflanze energisch zu duften. Der Geruch ist zimmtnelkenartig.
6^{40}	23,2	26,4	3,2	
6^{50}	23,15	26,55	3,4	
7	23,1	26,7	3,6	
7^{10}	23,05	26,9	3,85	
7^{20}	23,0	27,1	4,1	
7^{30}	22,9	27 3	4,4	
7^{40}	22,9	27 5	4,6	
7^{50}	22,8	27,6	4 8	
8	22,7	27,9	5,2	
8^{10}	22,7	28,2	5,5	Eintritt der Dunkelheit.
8^{20}	22,7	28,8	6,1	
8^{30}	22,7	29,1	6,4	
8^{40}	22,7	29,9	7,2	
8^{50}	22,8	30,1	7,3	
9	22,8	30,3	7,4	
9^{10}	22,95	30,6	7,65	
9^{20}	22,9	30,9	8,0	
9^{30}	23	29 3	6,3	
9^{40}	23,25	28,6	5,4	Geruch ist merklich schwächer.
9^{50}	23	28,15	5,15	
10	23	27,7	4,7	
10^{10}	23	27,2	4,2	

	Zeit	T⁰ Lu.	T⁰ St.	Uebersch.	Bemerkungen.
17. Mai.	4^{20a}	21,1	21,0	— 0,1	Geruch nur noch ganz schwach. An der Spitze des Kolbens ist der Pollen ausgetreten.
	9	21,7	21,5	— 0,2	
18. Mai.	8^{10a}	20	19,9	— 0,1	
	2^{20p}	19,4	19,2	— 0,2	
	5	19,4	19	— 0,4	

Philodendron albovaginatum.

29. Mai.

Versuchsanordnung wie vorher. Auf der Curventafel als a bezeichnet.

Zeit	T⁰ Lu.	T⁰ Ko.	Uebersch.	Bemerkungen.
2^{15p}	18,8	20,3	2,5	
2^{20}	18,8	21,5	2,7	
2^{30}	19,5	21,7	2,2	
2^{35}	20,1	22,0	2,1	
2^{38}	20,2	22,5	2,3	
2^{45}	20,2	23,0	2,8	
3	19,8	23,6	3,8	
3^{10}	10,8	24,1	4,3	
3^{25}	19,7	24,9	5,2	Bisher geruchlos, beginnt nun der Kolben Geruch zu verbreiten.
3^{35}	19,9	25,1	5,2	
3^{45}	20,1	25,6	5,5	
3^{50}	20,1	25,5	6,4	
4	19,8	25,8	6,0	
4^{10}	19,9	25,2	5,3	
4^{25}	20,1	24,5	4,4	
4^{35}	20,1	23,7	3,6	
5^{30}	19,9	22,0	2,1	
5^{50}	20,1	82,0	1,9	Geruch ganz gering.
6^{15}	20,2	22,3	2,1	
6^{40}	20,3	22,7	2,4	
7^{30}	20,4	25,0	4,6	Geruch wieder erstarkt.
7^{45}	20,5	26,3	5,8	
7^{48}	20,5	26,0	5,5	
7^{54}	20,3	26,5	6,2	
7^{58}	20,6	26,8	6,2	
8	20,6	26,9	6,3	
8^{5}	20,6	26,7	6,1	
8^{7}	20,4	27,1	6,7	
8^{10}	20,4	27,25	6,85	
8^{13}	20,4	27,4	7,0	Geruch sehr stark.
8^{16}	20,4	27,5	7,1	
8^{17}	20,4	27,65	7,25	
8^{22}	20,5	27,4	6,9	
8^{27}	20,6	27,9	6,25	

	Zeit	T⁰ Lu.	T⁰ Ko.	Uebersch.	Bemerkungen.
	8^{32}	20,4	27,8	7,4	
	8^{40}	20,4	27,6	7,2	
	8^{45}	20,4	27.1	6.7	
	8^{52}	20,4	26,6	6,2	
	8^{58}	20,4	26,3	5,9	
	9^{2}	20,6	26,1	5,5	
	9^{13}	20,3	25,35	5,05	
	9^{20}	20,35	25,0	4.65	Geruch noch ansehnlich.
	9^{23}	20,3	24,8	4,4	
	9^{40}	20,5	24,1	3,6	
	9^{45}	20,5	23,8	3,3	
	10^{2}	20,9	23,3	2,9	
	10^{10}	20,3	23,0	2.7	
	10^{50}	20,1	21,9	1,8	
	11^{45}	19,9	21,1	1,2	
30. Mai.	5^{a}	19,1	19,0	—	Geruch kaum wahrnehmbar.
	8^{a}	18,7	18.5	—	

Tafel-Erklärung.

Tafel I.

Fig. 1. Längsschnitt eines mittelgrossen Blüthenstandes von *Arum italicum*, in $^1/_3$ Grösse, mit Hinweglassung des Fahnentheiles der Spatha — um die Anordnung der Theile vorzuführen.

Fig. 2—6. Im Zimmer verblühte Keulen (ungefähr natürl. Grösse), aus denen die Stärke am Morgen nicht völlig verschwunden ist, um die mannigfaltige Art des Zurückbleibens zu demonstriren. Die schattirten Stellen bedeuten die Gewebeparthien, in denen Stärke zurückblieb; die Intensität des Schattens der Menge der restirenden Stärke proportional gehalten. Man erhält diese Bilder durch Einlegen ganzer oder halbirter Keulen in Jodlösung.

Fig. 2. *a* Längsschnitt einer Keule, in welcher die Stärkeparthien pyramidale Figuren, mit meist nach innen, aber auch nach aussen gekehrter Basis, bilden. Wie die Flächenansicht (*b*) zeigt, sind diese Parthien ganz unregelmässig über die Keulenfläche vertheilt.

Fig. 3. In dem vorliegenden Falle einer sehr grossen Keule ist die Stärke der Spitze gar nicht, im übrigen Theil der Keule aus der Peripherie und gewissen radiären Parthien nur unvollständig verschwunden.

Um zu zeigen, dass es sich bei solchen Vorkommnissen nicht um mangelhafte, in ihrem Periodengang lebhaft gestörte Keulen handelt, halte ich es für nöthig, hier die Wärmeperiode dieser Keule, die in dem obern und untern Dritttheil derselben beobachtet wurde, vorzuführen:

28. März 1883 zwischen 3 und 4 Uhr aufgeblüht und riechend.

Zeit	Luft-t⁰	K.-t⁰ o.	K.-t⁰. u.
3^{55} p	16,2	23 35	23,3
4^{5}	16,2	23,5	23,3
4^{10}	16,2	23,8	23,2
4^{15}	16,2	24,0	23,5
4^{25}	16.2	23,85	23,95
4^{27}	16,2	23,8	24,2
4^{30}	16,2	23,75	24,3
4^{35}	geht	23,95	24,4
4^{37}	allmählig	24,05	24,55
4^{45}	auf.	24,6	23,9
4^{55}		25,25	24,2
5^{0}		25,65	24,6
5^{10}		25,75	25,1
5^{13}		25,95	25,2
5^{20}		26,35	25,75

	Zeit	Lu.-t⁰	K.-t⁰ o.	K.-t⁰ u.
	6^{p}	15,2	27,8	26,8
	6^{30}	—	27,2	26,8
	8^{30}	14,2	22,75	23,0
	9^{10}	—	22,6	22,1
	9^{35}	—	22,2	22,8
	9^{50}	—	22,3	22,7
29. März.	1^{30a}	14,5	17,4	17,8
	6^{a}	14,0	14,4	14,7

Morgens war der Blüthenstand frisch, die Narben mit Tröpfchen bedeckt. —

Die Figur *a* zeigt auch den schmalen noch gefüllten Stärkemantel des Stiels, desgleichen die totale Füllung der Sperrhaare. *b* Querschnitt an der Basis, *c* in der Mitte und *d* ganz oben an der Spitze der Keule.

Fig. 4. Die Figur gibt die Aussenansicht einer jodgetränkten Keule und ist besonders desshalb interessant, weil sie den Abdruck des Thermometers und der Gummiringe, sowie die Wirkung der letzteren im Innern (*b*) zeigt; die Wirkung des Thermometers ist in Fig. 5 zu sehen.

Ueber die Wärmeentwicklung der Keule sei Folgendes bemerkt. Sie zeigte am 31. März Abends 9½ Uhr noch 18,8⁰ Differenz (absolut 34,2⁰), um 10 Uhr 45 Minuten 32,4⁰. Selbst am Morgen um 9 Uhr war noch ein Temperaturüberschuss von 1,3⁰ vorhanden.

Fig. 6. Die Figur *a* zeigt das Zurückbleiben von Stärke im innern Theil, *b* und *d* in der Peripherie, mit Vorwiegen strahliger Parthien. *c* Nesterweise vertheilte Stärkereste.

Fig. 7. Eine Keule, eben sich zu erwärmen beginnend, wird durch Abschaben einseitig der Oberhaut und eines Theiles des Stärkeparenchyms beraubt. — Die Stärkereste sind aus *a* und *b* ersichtlich. — *c* Eine einseitig mit Alcohol bepinselte Keule (Querschnitt). Stärke aussen völlig, am Wassercylinder nur schwach erhalten.

Fig. 8. Epithel der Spatha, gegen den Kessel hin, Flächenansicht, Intercellularräume.

Fig. 9 und 10. Aussenepidermis der Spatha in Fig. 9 von der Fahnenmitte in Fig. 10 (kleiner gezeichnet) von dem Kessel. Die sehr ungleiche Zahl der Spaltöffnungen zeigend.

Taf. II.

Fig. 1. Zelle des Stärkemantels aus der Knospe; Stärkekörner die Zelle dicht füllend, der Deutlichkeit **halber weniger dicht gezeichnet.**

Fig. 2—3. Gleiche Zellen nach der Erwärmung, mit Resten von (intacter) Stärke; im Protoplasma vacuolenartige Räume, die Orte der verschwundenen Stärkekörner. Alle Stärkekörner im Wandplasma gelegen, in Fig. 2 und links in Fig. 3 deutlich die Körnchen als Reste abgeschmolzener grösserer Körner in Vacuolen auftretend.

Fig. 4. Papillenzellen des Keulenepithels aus der Knospe. Stärkekörner (aber weniger dicht als in natura gezeichnet) nur in der Basis der Zelle; der nicht gezeichnete Zellkern ebenda; der Kegel mit feinkörnigem Protoplasma gefüllt.

Fig. 5. Papillen des Keulenepithels und die pallisadenartigen Zellen des Stärkemantels nach dem Erwärmen. Alle Zellen stärkelos. Die Papillenzellen mit Vacuolen, an der Spitze mit homogenem, starklichtbrechendem Protoplasmamassen.

Fig. 6. Eine Spaltöffnung der Keule von Papillenzellen umstellt.

Fig. 7. Stück eines Keulenquerschnitts, der unvollständig von Stärke entleert ist. Die Figur zeigt, dass das Epithel und die Pallisadenschicht des Stärkeparenchyms, dann einige regellos zerstreute Zellen noch Stärke enthalten, die andern Zellen alle völlig entleert sind.

Fig. 8. Theil eines Querschnitts von der Innenseite der Spatha. Die spitzkegeligen Epithelzellen und das darunterliegende Parenchym mit kleinkörniger Stärke versehen, die in der Erwärmungsperiode verschwindet.

Fig. 9 und 10. Erstere die Papillenform in der Mittellinie, letztere dieselben gegen den Rand der Fahne zeigend.

Fig. 11. Epithel aus der Kesselinnenseite, die eigenthümlichen Intercellularräume desselben zeigend, die mit den Intercellularen des darunterliegenden Parenchyms nicht direct correspondiren.

Taf. III.

Enthält die Wärmecurven einiger ausser *Arum italicum* beobachteten Aroideen. Alles zum Verständniss Nöthige ist aus der Tafel selbst, eventuell aus dem Text leicht zu ersehen.

Inhaltsübersicht.

I. Abhandlung

(vgl. Abh. naturf. Ges. Bd. XVI. S. 35—76).

II. Abhandlung.

Halle, Druck von Ehrhardt Karras.

Botanische Mittheilungen

von

Gregor Kraus.

I. Mehrjähriges Wachsen der Kiefernadeln.
II. Die sog. lösliche Stärke in der Epidermis.
III. Zur Chemie des Siebröhrensaftes und alcalischer Pflanzensäfte überhaupt.
IV. Zucker und Säure in den Gelenken der Bohnenblätter.

I.

Mehrjähriges Wachsthum der Kiefernadeln und allgemeine Bemerkungen über Blattgrösse.

Betrachtet man den Gipfeltrieb einer kräftigen jungen Kiefer etwas genauer auf seine Benadlung, so fällt gewöhnlich sofort, mitunter erst bei genauer Messung auf, dass die zweijährigen Nadeln länger als die einjährigen, häufig auch die dreijährigen, so weit sie noch erhalten sind, länger als die zweijährigen sind.

Ich lasse hier zunächst eine kleine Tabelle von Messungen folgen, die das Verhältniss schlagend darthun. Es sind alles Mittelzahlen gewöhnlich aus 10, auch wohl mehr Einzelmessungen.

Pinus silvestris.

Länge der Nadelpaare in mm.

Exemplar	1jähriges	2jähriges	3jähriges Paar
1. 15jähriger Baum (Wald)			
(30. Sept.) a) Gipfeltrieb	46,8	62,0	0,0
b) unterer Seitenast	43,3	55,2	0,0
2. 25jähriger Baum, Spitze eines 6—8jährigen Astes	54,9	60,1	0,0
3. 15jähriger Baum, anderer Standort	45,0	49.0	52,0
4. 8jähriger sehr kräftiger Baum			
a) Gipfeltrieb	75,0	94,0	85,0
b) Seitenast	70,0	81,0	81,0
5. 6jähriger Baum	60,0	70,0	0,0
6. Desgl. Gipfeltrieb	60,0	66,0	0,0
7. 4jähriges Exemplar, Gipfeltrieb	48,0	60,0	0,0
8. 15jähriger Baum, sehr kräftiger Seitentrieb	57,0	95,0	0,0
9. 20jähriger Baum	44,0	52,0	0,0
10. 10jähriger Baum, Gipfeltrieb	40,0	48,0	0,0

Man sieht also, dass die Erscheinung bei Pflanzen verschiedensten Alters eintrifft.

Als ich vor mehr als 10 Jahren auf die Thatsache aufmerksam wurde, suchte ich vergeblich in der Literatur nach einer Angabe über dies merkwürdige Verhalten. Es ist mir auch inzwischen nicht gelungen, eine Bemerkung darüber ausfindig zu machen*); doch tritt das Verhalten — wohl unbeabsichtigt — in den Abbildungen z. B. bei Guimpel, Holzgewächse II Taf. 171 (*Pinus silvestris*), bei Th. Hartig, Naturgeschichte Taf. 4 (*P. silv.*) und Taf. 8 (*P. Strobus*) deutlich hervor, während es der Berg'schen Abbildung (Arzneipflanzen Taf. VIII d) nicht anzusehen ist.

Der weitere Verfolg dieser Beobachtung hat mir gezeigt, dass die Erscheinung bei allen mit doppel- oder mehrzähligen Nadeln versehenen Coniferen, also bei den Sectionen *Pinaster, Taeda, Strobus* und *Cembra* der engern Gattung *Pinus* hervortritt, und ich habe indessen die Wiederkehr dieses Verhaltens nicht bloss an den verschiedensten Orten Deutschlands, sondern auch in Holland, Nord- und Mittelfrankreich, sowie in allen Theilen der italischen Halbinsel bis nach Sicilien verfolgt, im Freien sowohl als an Topfconiferen. Zur Illustration führe ich hier noch eine kleine Liste anderer Coniferen auf:

	1jährige Nadeln	2jährige Nadeln	3jährige Nadeln
Pinus Laricio. Aelterer Baum, unterer Ast	135	160	
Junge Pflanze, Gipfeltrieb	130	165	
Pinus uncinata. 12—15j. Exempl., Seitenäste	35—60	65	
	55	60	
Pinus Pumilio	35	40	
Pinus Strobus (junges Exemplar)	70	85	
Pinus Pinaster (junges Exemplar)	60	88—90	120
Pinus Pinea. Topfpflanze. Gipfeltrieb	82	120—125	145
Seitenast	85	120	130
Pinus insignis Dougl. (Topfexemplar)	80—85	105—110	120
Seitenast	95	110—115	95
Pinus canariensis	134	162	

Dagegen habe ich bei den anderen Coniferen, so bei den früher zur Gattung *Pinus* gerechneten *Cedrus*, *Abies, Tsuga* und *Picea* Nichts der Art gefunden. Auch

*) Z. B. Richard, Mém. Conifères et Cycadées 1826. — Antoine, Coniferen 1840. — Endlicher, Synopsis Coniferarum 1847. — Göppert, Monogr. foss. Conif. 1850. — Ratzeburg, Waldverderbniss Bd. I. — Wigand, Baum 1854. — Schacht, Baum 1860. — wurden umsonst zu Rathe gezogen.

bei all' den Nadelhölzern, die ich auf die Langlebigkeit ihrer Blätter*) untersucht habe, ist die in Rede stehende Frage wiederholt mit negativem Resultat geprüft worden. So fand ich z. B. (a. a. O. S. 9—11 des Separatabzugs) die 15jährigen Nadeln der *Araucarien,* die 14jährigen von *Pinus Pinsapo*, die 5jährigen von *Cephalotaxus Fortunei* oder *Juniperus Oxycedrus, Podocarpus koraiana, Cunninghamia* u. s. w., die mehrjährigen der Eibe oder Edeltanne und Fichte, wenn es auch manchmal äusserlich den Anschein darnach hat, bei genauerer Prüfung um Nichts grösser als die einjährigen. Und es mag nicht überflüssig sein zu versichern, dass auch die mehrjährigen Dicotylenblätter, wie ich mich an selbst 3 und 4jährigen Blättern von *Quercus Ilex* und *Suber, Rosmarinus, Buxus, Myrtus, Ligustrum japonicum, Eucalyptus* u. s. w. in den Mediterranländern überzeugt habe.

Es liegt auf der Hand, dass bei der Erklärung dieser Erscheinung nicht etwa an die „Längenperiode“ der Blätter gedacht, wie sie seiner Zeit Münter für die Internodien aufgedeckt (Bot. Ztg. 1843 S. 73), Sachs (Lehrb. 3. Aufl. S. 731) wieder betont, und zuletzt Moll (De Invloed van Celdeeling en celstreckking op den groei. Utrecht 1876 p. 10) näher untersucht hat. Es wäre in diesem Falle unmöglich, dass die Bäume in jedem Alter die kleinsten Nadeln zu oberst zeigten.**)

Es scheint mir vielmehr bei einiger Ueberlegung keine andere Erklärung möglich als die, dass die Nadel der Kiefern regelmässig im zweiten, wohl auch im dritten Jahr noch weiter wächst; es muss angenommen werden, dass zwar das Hauptwachsthum der Nadel im ersten Jahre stattfindet, dass aber nach der Winterruhe im zweiten Jahre ein abermaliges und im dritten Jahre oft noch ein drittmaliges Wachsen vor sich geht.

Ich sage, dass eine andere Erklärung a priori nicht möglich scheint; ich kann

---

*) Vgl. meine diesbezügliche Arbeit in den Sitzungsb. der Naturf. Gesellsch. zu Halle (8. Mai) 1880.

**) Man findet allerdings nicht selten Abweichungen von der Norm, und die obersten jüngsten Nadeln grösser als die unteren und älteren; besonders oft fand ich das bei *Strobus,* aber auch bei *Laricio* und bei der gemeinen Kiefer traf ich es an; allein man überzeugt sich leicht, dass dieses Abweichungen von der Regel sind, die sich auch unschwer erklären. Die absolute Länge der Nadeln eines Triebes hängt mit der Kräftigkeit des Jahrestriebes überhaupt zusammen. In günstigen Jahren werden bekanntlich sehr lange und kräftige, in ungünstigen viel kleinere und schwächere Triebe gebildet und die Kräftigkeit oder Schwächlichkeit gilt nicht bloss für die Achsen, sondern auch für die Blätter. Folgt ein günstiges Jahr einem ungünstigen, so können leicht die Nadeln des zweiten Jahres grösser (angelegt) werden als die des vorigen. — Auch mit der allmählichen Erstarkung junger Individuen selbst erfolgt eine Erstarkung der Triebe und ihrer Blätter, und man beobachtet in Folge dessen an z. B. 4—5jährigen Kiefern nicht selten, dass die 3 und 4jährigen Nadeln auffallend kleiner sind als die 1 und 2jährigen.

aber auch durch einige Messungen direct darthun, dass die gegebene Schlussfolgerung richtig ist. Es wurden sowohl von im Freien stehenden kleinen und reich benadelten Bäumen als auch von Topfexemplaren in den Sommermonaten (1878) Messungen (in mm) an ein- und zweijährigen Nadeln vorgenommen. Dieselben zeigten ein unzweifelhaftes Wachsthum in der zweiten Vegetationsperiode. So gering dasselbe in den gemessenen Fällen an sich auch war, so klar tritt es, besonders beim Vergleich der ein- und zweijährigen Nadeln hervor.

I. *Pinus Pallasiania* Lam.

15—20jährige Pflanze.

Beobachtungszeit	1jährige Nadel	2jährige Nadel	diesjährige Nadel
9. Mai	142,2	167,9	
28. Mai	143,3	168,7	11,5
18. Juni	143,4	169,3	87,0

II. Ein zweites Exemplar.

9. Mai	141,5	165,5
28. Mai	144,5	165,7

III. Drittes Exemplar.

9. Mai	97,1	111,3
28. Mai	99,3	110,8

IV. *Pinus Pinea* L.

Topfexemplar.

26. April	8,1	11,0
13. Juni	8,4	11,1
4. Juli	8,5	11,1
17. August	8,5	11,1

Bei der Frage, wo das Weiterwachsen der Kiefernadeln stattfindet, ist man natürlich versucht, das meristematische Gewebe der Nadelscheide, das für die kurztriebbildenden echten Kiefern charakteristisch ist, zunächst in Verantwortung zu ziehen; es bleibt aber immerhin auch zu fragen, ob nicht der freie Nadeltheil weiter wächst. Einige Zellmessungen*), bei *P. Laricio* und *uncinata* (Novbr. 1876) haben folgendes Resultat ergeben:

*) Gemessen wurden die dickwandigen Epidermiszellen.

Pinus Laricio.

6jährig.

	1jährige Nadel	2jährige Nadel
Nadellänge	130	165
Länge der Zellen in der Scheide	33,9	43,9

Pinus uncinata.

			Differenz
Nadellänge	31,6	58,2	
Zelllänge in der Scheide	33,1	47,6	14,44
in der Nadelmitte	89,0	95,6	6,6
an der Nadelspitze	80,8	87,85	7,0

Man sieht also 1. dass die längern Nadeln auch längere Zellen besitzen, 2. dass die Differenz zwischen den Zellen alter und junger Nadeln in der Scheide doppelt so gross ist als bei den freiliegenden Zellen.

Die allgemeine Richtigkeit dieser paar Zahlen vorausgesetzt, muss man demnach annehmen, dass das Wachsthum der Nadeln mindestens zum Theil durch Wachsthum der bereits vorhandenen Zellen und zwar vorwiegend, aber nicht ausschliesslich, der in der Scheide befindlichen stattfindet.

Dies Resultat würde nach 2 Richtungen nicht ohne Interesse sein. Einerseits schlösse sich unsere mehrjährig und basal wachsende Kiefernadel mit dieser Eigenthümlichkeit an eine andere Conifere an, deren Riesenblätter ein exquisites mehrjähriges Basalwachsthum haben: *Welwitschia mirabilis* (man vergleiche Hooker, On *Welwitschia* in Transact. of the Linn. Soc. of London Vol. XXIV p. I p. 17—20). Diese Coniferenblätter stellen sich mit ihrem andauernden Basalwachsthum in einen gewissen Gegensatz zu den apical mehrjährig wachsenden Farnwedel, auf welche, soviel ich weiss zuerst*) A. Braun (Verjüngung 1851 S. 123 Anm.) und H. Crüger (Bot. Ztg. 1851 S. 504—505) aufmerksam machten.

Andererseits scheint hier ein Fall vorzuliegen von nachträglichem Wachsthum bereits fertiger und sogar dickwandiger Gewebeelemente — ein Fall, der sein Analogon besonders an *Caulotretus* (Bot. Ztg. 1883 S. 665 ff.) oder auch in dem Wiederwachsen niederliegender Grasknoten fände (Sachs, Würzb. Arbeiten I, 207), in welch' letzterem Falle freilich das Gewebe durch „weiche Wände“ und „nicht verholzt“ sein ausgezeichnet ist.

---

*) Jüngsthin Fliche in Mém. Soc. scienc. nat. de Nancy 1876: „Note sur une végétation biennale des frondes obs. chez l'Asplenium trichomanes“.

Zum Schlusse möge noch daran erinnert werden, dass auch aus einem andern, ernährungsphysiologischen Grunde die Möglichkeit mehrjährigen Wachsthums der Nadeln nahe gelegt wird. In der letzten Zeit haben Fliche und Grandeau*) nachgewiesen, dass die chemische Zusammensetzung der Schwarzföhrennadeln z. B. an Wasser, Trockensubstanz, Asche u. s. w. nicht bloss ein- sondern auch zwei- und selbst dreijähriger Blätter während der Vegetationszeit wesentliche Aenderungen erleidet, d. h. also, dass auch die zwei- und dreijährigen Nadeln im wahren Sinne des Wortes noch lebendig sind resp. jedes Jahr wieder neu lebendig werden.

An die vorstehende Mittheilung möchte ich noch einige Bemerkungen und Beobachtungen über Blattgrösse überhaupt anknüpfen.

Unter den Ursachen, welche Form und Grösse der Blätter überhaupt bewirken, lassen sich, wie bei sonstigen physiologischen Vorgängen, äussere und innere unterscheiden.

Als von innern Ursachen bewirkt sieht man z. B. die jetzige specifische Gestalt und mittlern Grösse der Blätter der verschiedenen Pflanzen an. Jede Pflanzenart entwickelt zur Zeit constant und von äussern Factoren unabhängig ihre charakteristische Blattform. Ihre Herstellung geschieht jetzt aus innern Ursachen, mag dieselbe nun, phylogenetisch genommen, ursprünglich einmal äussern Veranlassungen (Darwin) oder wirklich inneren Anstössen (Nägeli) ihre Entstehung verdanken.

Inneren Ursachen schreiben wir auch die in der „Ontogenie“ erscheinenden Grössenverhältnisse zu, welche als „Längenperiode“ der Organe bezeichnet worden sind. Auf das eigenthümliche Verhältniss hat, wie bereits oben bemerkt, Sachs in der dritten Auflage des „Lehrbuchs“ (1873) S. 731 wieder**) aufmerksam gemacht: „Neben dieser Erstarkung und Abnahme der Energie der Theile eines vielgliedrigen Stengels geht meist ein ähnliches Grössenverhältniss seiner Blätter einher, indem die unteren kleine, dann grössere Blätter bilden; es gibt ein grösstes Blatt (oder einen Wirtel grösster Blätter) an einem Stengel, auf welche dann wieder abnehmend kleinere zu folgen pflegen“. Er fügt hinzu: „dies Verhalten ist noch zu wenig untersucht; bei manchen Stengeln, zumal kriechenden, bleibt, wenn eine bestimmte Blattgrösse erreicht ist, diese bei einer langen Blattreihe constant, bevor die Abnahme eintritt“.

---

*) Recherches chimiques sur la composition des feuilles du Pin noir d'Autriche in Ann. de Chimie et physique. 5. Sér. t. XI 1877 p. 10—13 des Separatabdrucks. — Aehnliche Angaben bereits bei Dulk, Landwirthsch. Versuchsstationen Bd. 18. 1875. S. 209—216.

**) Vgl. die Literaturangaben weiter oben.

Ich habe, ohne diese Bemerkung zu kennen, im Sommer 1873 gelegentlich einige Beobachtungen über dieses Verhalten angestellt und Folgendes notirt: „Beobachtet man im Sommer einen Jahrestrieb unserer Bäume oder Sträucher, zur Zeit wo bereits die Endknospe angelegt ist, auf die Grösse der ansitzenden Blätter, so findet man scheinbar zwei Möglichkeiten:

1. entweder die Blattgrösse nimmt von unten nach oben zu, die obersten Blätter sind die grössten: *Corylus, Syringa, Tilia, Ulmus, Birke* (an Kurztrieben), *Quercus* (nicht constant);

2. oder aber die Blätter nehmen rasch an Grösse zu und dann gegen die Spitze wieder ab: *Aesculus, Acer, Cotoneaster, Philadelphus.*

Diese beiden Verhältnisse sind aber, wie bemerkt, nur scheinbar constant. Man kann z. B. bei der Buche, bei *Cotoneaster, Berberis* sehr schön beobachten, dass bei Kurztrieben der erste, bei Langtrieben der zweite Fall Regel ist.“

Ich führe hier ein Paar Zahlenbelege an (Länge der Blattfläche in mm, der Mittelrippe entlang). — Folge am Trieb von unten nach oben:

Corylus avellana:

Erster Trieb:	45—66—92—90—95.
Zweiter Trieb:	25—50—72—105.
Dritter Trieb:	21—44—74—85—112—118.

Syringa vulgaris:

Erster Trieb:	29—62—82—109.
Zweiter Trieb:	59—87—98—126.

Carpinus americana:

Erster Trieb:	55—105—123.
Zweiter Trieb:	50—94—118—135.
Dritter Trieb:	34—80—100—122.

Fagus: 64—76—90—88—80—65—57.

Ob die Variation, wie diese „Periode“ überhaupt mit bestimmten in dem Körper periodisch sich vorbereitenden innern Ernährungsbedingungen zusammenhängt, mag dahingestellt sein.

Daneben gibt es nun eine Reihe individueller Schwankungen in der Blattgrösse, welche von äussern Factoren abhängen. Freilich sind die wirkenden Factoren bisher zum geringsten Theil präcis erforscht; man hat sich begnügt, dieselben als von „Boden und Klima“ abhängig zu bezeichnen, den näheren Factor aber innerhalb dieser Sammelursachen nicht oder nur unvollkommen bestimmt.

Es ist zunächst eine allbekannte Thatsache, dass magerer Boden magere Exemplare, bis zur völligen Verzwergung aller Theile („Nanismus"), fetter Boden grosse Individuen, „Riesen" erzeugen kann. Dass hier zunächst an Mangel oder Uebermaass von Nahrungsstoffen gedacht werden muss, versteht sich. Dass dabei das Wasser allein als oberster Factor wirken kann, ist aus Sorauer's Untersuchungen für die Gerstenpflanze bekannt (Bot. Ztg. 1873 n. 10); aus Nobbe's bekannten Culturen z. B. des Buchweizens kennt man den Einfluss, den Disproportionalität der Aschenbestandtheile übt. — Aber nicht bloss Mangel ausreichender Nahrung, auch die Verkürzung der Aufnahmeapparate (Wurzeln) kann, wie jüngst bekannt wurde, in dieser Richtung maassgebend werden (Reinke in Ber. deutsch. Bot. Ges. II S. 376—378).

Schwieriger noch ist es, bei den Einflüssen des „Klimas" die thatsächlich wirkenden Einzelfactoren zu ermitteln.

Ebermayer (die Gesammtlehre der Waldstreu 1876 S. 38—39 ff.) hat gezeigt, dass bei der Buche die Grösse der Blätter sehr wesentlich mit der Meereshöhe abnimmt. Er gibt z. B. folgende Zahlen:

Standort	Meereshöhe	1000 Blätter in □ m.
Aschaffenburg (Schönthal)	133 m	3,4
Odenwald (Melibocus)	514 m	1,6
Bayrischer Wald, Buchengrenze	1344 m	0,9

Da Ebermayer die Bodenverhältnisse wohl berücksichtigt hat (a. a. O. S. 39), so können nur atmosphärische Factoren, Licht, Wärme, Feuchtigkeit u. s. w. als wirksam gedacht sein. Welches dieser Agentien allein oder in combinirter Action betheiligt sei, steht dahin.

In ähnlicher Lage steht man der eigentlich wirkenden Ursache gegenüber in einem zweiten Falle. In der Frage der ausserordentlichen Blattgrösse nordischer Pflanzen. Bekanntlich haben zuerst Grisebach (Wiegmann's Archiv f. Naturg. Bd. 10 S. 24—25; Veget. der Erde Bd. I, 118 1. Aufl.; Gesammelte Schriften S. 48) und Baer, bald darauf auch Martins (1846 nach Grisebach, Veg. d. Erde I, 118 und 542) darauf aufmerksam gemacht, „dass die meisten Laubhölzer schon unter dem 60. Breitengrad grössere Blätter tragen, als in Deutschland". Die Erscheinung wurde in neuerer Zeit von Flahault (Ann. scienc. nat. Sér. 6 T. IX p. 166) bestätigt*), aber von Ramond (Bull. Soc. bot. de France T. XXVI. 1879 p. 9 sq.) und Nylander in

*) Bonnier und Flahault geben an (Ann. scienc. nat. Sér. 6 T. VII. 1879 p. 118), dass nur Dicotylen und Farne, nicht die Monocotylen vergrösserte Blätter hätten. Die aufgeführte Tabelle derselben (l. c. T. IX p. 167) gibt nur Dicotylen.

Abrede gestellt durch Einwürfe, welche den gleichfalls bestätigenden Angaben eines langjährigen Beobachters, Schübeler's gegenüber (Pflanzenwelt Norwegens 1873 S. 83) doch nicht gesichert genug erscheinen.

In diesem Falle ist von Anfang an als Ursache die lange Beleuchtung während der nordischen Sommertage in Anspruch genommen worden (Schübeler a. a. O., Grisebach, Veg. d. Erde a. a. O.). Von Bonnier und Flahault wird die lange aber wenig intensive Beleuchtung betont.*) Möglich, dass gerade jene mittlere Lichtintensität für diese Pflanzen als Wachsthumsoptimum wirkt, allein thatsächlich haben die Verfasser für diese Annahme keine Beweise gebracht.

Ein dritter Fall, wo äussere Ursachen und speciell „Licht und Schatten" für die ungleiche Blattbildung der Blätter an demselben Zweig (Anisophyllie) verantwortlich gemacht werden, ist zuerst von E. Mer: „De l'influence de l'ombre et de la lumière sur la structure, l'orientation et la végétation des aiguilles d'Abies excelsa" in Bull. Soc. de France T. 30 1883 p. 40 ssq. und für Abies pectinata präciser jüngst von Göbel (Schenk's Handbuch der Botanik Bd. 3 S. 146—147) behandelt worden.

Schliesslich möchte ich noch auf zwei Fälle von Beeinflussung der Blattgrösse, die zu sog. Correlationserscheinungen gehören, hinweisen.

1. Es ist eine gewöhnliche Erscheinung, dass an den Haupttrieben der Kiefern die Nadeln grösser sind als an den Seitenachsen. Z. B. an 3 jungen Bäumen (Dölauer Haide) zeigten die 2jährigen Nadeln (Juni 1876) folgende Dimensionen:

	Gipfeltrieb	Seitentrieb
Baum 1	77 mm	65
Baum 2	91	92
Baum 3	75	45

Wird bei einer Kiefer der Gipfeltrieb zerstört und richtet sich eine Seitenachse an dessen Stelle auf, so erhalten dieselben auch eine kräftigere Benadlung.

2. Einen andern Fall von Correlation habe ich an den Blättern von Apfelbäumen im Herbst 1875 wahrgenommen. An schönen, kräftigen und mittelalten Bäumen, die als Landstrasseneinfassung stundenweit gingen, waren auffallend sprungweise — und ohne äussere Kennzeichen der Ursache — die einen fruchtbeladen, die andern absolut steril. Die fruchttragenden Bäume hatten auffallend kleinere Blätter als die sterilen z. B.:

*) „L'accroissement des feuilles sous les hautes latitudes a pour cause l'éclairement très long, mais d'intensité faible, dont elles subissent continuellement l'influence". L. c. Tome IX p. 170—171 und Bull. Soc. bot. de France l. c. p. 346—350.

a) Fertile Bäume.

	Länge	Breite des Blattes
Exemplar a)	77,3*)	51,0
Exemplar b)	87,0	53,2
Besonders auffallendes Exemplar	98,9	63,0
b) Sterile Bäume.		
Erstes Exemplar	114,0	70,8
Zweites Exemplar	112,5	61,3

Die Bäume hatten im Mai alle gleichmässig geblüht, aber aus nicht näher bekannten Ursachen gänzlich ungleich Frucht angesetzt. Es ist offenbar die Annahme erlaubt, dass die Baumaterialien, welche bei den fruchttragenden Bäumen für die Fruchtanlage verbraucht wurden, bei den sterilen Exemplaren den Blättern zu gute kamen.

II.

Die „lösliche Stärke“.

Bekanntlich ist durch Sanio und Schenk**) im Jahre 1857 in den Epidermiszellen von *Ornithogalum-* und *Gagea*-Arten ein ungeformter, scheinbar im Zellsaft gelöster Körper gefunden worden, der die auffallende Eigenschaft darbietet, sich mit wässriger Jodlösung tief und schön violett- oder indigblau zu färben, und der demnach ursprünglich als „gelöste“ oder „formlose“ Stärke angesehen wurde. Durch eine spätere genaue Untersuchung des Gegenstandes von Nägeli (Beitr. z. wissensch. Bot. Heft II 1860 S. 187—192) ist jedoch wahrscheinlich gemacht, dass es sich hier nicht um Stärke, ja wohl nicht einmal um einen den Kohlehydraten verwandten Körper handle; „was für eine Verbindung es sein könnte, bleibt vorerst, sagt Nägeli a. a. O. S. 192, der Vermuthung anheimgestellt. Ich spreche fragweise den Gedanken aus, ob die Substanz nicht zu den eiweissartigen Stoffen gehören möchte. Mit denselben hat sie wenigstens die leichte Veränderlickeit (durch Wärme, Alcohol, Mineralsäuren etc.) gemein“.

*) Zahlen in Millimetern, Mittel aus 10 Messungen.

**) Sanio, Bot. Ztg. 1857 S. 420—423: Kurze Notiz über formlose Stärke. — Schenk, ebenda S. 497—499 und S. 555—556. — Auch Trécul in Bull. Soc. Bot. de France Tome V 1858 p. 711.

Seither ist der merkwürdige Stoff meines Wissens in der Literatur nicht mehr zur Sprache gekommen. Mir ist derselbe in dem letzten Jahr zufällig bei einer Monocotyle, wo man ihn bisher nicht kannte, unter die Hände gerathen und ich habe dabei zugleich einige Erfahrungen gesammelt, die auf die Natur des fraglichen Körpers einiges Licht werfen. Diese will ich hier mittheilen.

Die „lösliche Stärke" findet sich mit der grössten Regelmässigkeit in den Epidermiszellen (und nur in diesen) der oberirdischen Organe (Blätter, Blattstiel, Blüthenstandsträger, Spathaaussenseite) von *Arum italicum*, sowie auch anderer *Arum*-Arten (*maculatum, corsicum*). Dagegen habe ich sie bei andern Aroideen nicht aufzufinden vermocht. Blätter von *Typhonium divaricatum, Sauromatum guttatum, Caladium nymphaeaefolium, Pothos cannaefolia, Monstera Lennea, Dieffenbachia Paraguiniana, Spathiphyllum cannaefolium, Anthurium acaule, Philodendron macrophyllum, Acorus Calamus* und *gramineus*, sowie *Richardia aethiopica* wurden umsonst darauf untersucht. Nach Bemerkungen Sanio's (a. a. O. S. 423) und Schenk's (a. a. O. S. 498) wäre das Vorhandensein des Stoffes an einen gewissen Entwicklungszustand der Organe gebunden, man mag daher dieses negative Resultat immerhin mit einiger Vorsicht aufnehmen.*)

Die Einzelheiten der Reactionen zu beschreiben unterlasse ich um so lieber, als meine Resultate, wie wir zum Theil noch sehen werden, bis in die kleinsten Züge mit den Angaben Nägeli's übereinkommen. Nur um die Identität unseres sich bläuenden Körpers mit dem von *Ornithogalum* und *Gagea* schlagend darzuthun, will ich ein Paar specifische Kennzeichen hervorheben:

1. Ich finde, wie Nägeli, dass nur Jod in Jodkalium gelöst (wässerige Jodlösung) färbt, Jodtinctur dagegen wirkungslos ist; mit Sanio finde ich auch Chlorzinkjodlösung wirksam.

2. Vorher mit Weingeist oder Säuren behandelten Präparate, angeschnittene Zellen färben sich nicht. — Gefärbte Zellen angeschnitten, lassen den Stoff wolkenartig austreten.

3. Es ist eine sehr auffallende Erscheinung, dass die Färbung in der Zelle oft nur einseitig und zwar an einem Ende intensiv auftritt und von da ganz allmählig gegen das andere farblose Ende abnimmt. Dieses Phänomen machte bekanntlich Nägeli bedenklich, die Substanz als wirklich gelöst anzusehen (a. a. O. S. 190). —

*) Für *Arum corsicum* kann ich freilich mit Bestimmtheit angeben, dass der sich bläuende Stoff in den gelb gewordenen, ja in den vertrockneten Blättern erhalten bleibt.

In manchen Fällen erscheint die sich bläuende Substanz sicher in mehreren Kammern des Protoplasmas vertheilt und mit einem Hyaloplasmahäutchen umzogen.

Was nun die Natur dieser sog. löslichen Stärke betrifft, so wird sie wohl heute, nach den Auseinandersetzungen Nägeli's, Niemand mehr für Stärke, noch auch für einen derselben nahverwandten Körper halten wollen, Niemand aber auch aus den bis jetzt bekannten Reactionen eine bestimmte und wohlmotivirte Ansicht über denselben aufstellen können.

Neben den im Vorstehenden wiedergegebenen Erfahrungen habe ich aber noch eine Anzahl anderer gemacht, die geeignet sind, eine bestimmte Ansicht über die chemische Natur der „löslichen Stärke" aufzustellen. Nach diesen muss ich annehmen, dass die „lösliche Stärke" mit gerbstoffartigen Körpern verwandt ist. Meine Gründe sind folgende:

1. Es ist Sanio selbst gewesen, welcher gefunden hat, dass Gerbstoffe mit Chlorzinkjodlösung eine sehr charakteristische Reaction, eine rosenrothe Färbung eingehen (Bot. Ztg. 1860 S. 214). Versuche mit reiner Gerbsäure ergaben demselben sogar eine „prächtig violettrothe Färbung". Wie schon Sanio gefunden und wie ich oben bestätigend bemerkt habe, nimmt auch die „lösliche Stärke" mit Chlorzinkjod eine violette — und bei schwacher Wirkung — eine karminrosa Färbung an. — Es ist freilich wahr: mit Jod allein färbt sich, so weit man Erfahrung hat, kein Gerbstoff blau oder violett; allein die Erfahrungen über diesen Gegenstand sind auch keineswegs von überwältigender Fülle und meine Ansicht ist auch nicht, dass wir in der „löslichen Stärke" factisch einen Gerbstoff selbst, sondern nur einen mehr oder weniger nahen Verwandten desselben vor uns haben.

2. Der Epidermiszellinhalt von *Arum*, sowie der von *Ornithogalum nutans* (welches ich genau zu prüfen Gelegenheit nahm) gibt mit Eisenchlorid und Eisenvitriol eine sehr deutliche Braungrünfärbung. Und diese Eisenfärbung tritt ganz unter denselben Modalitäten auf, wie die Bläuung. Z. B. sie erscheint oft nur halbseitig in den Zellen, sie bleibt nach Weingeistbehandlung der Epidermispräparate (durch Lösung des Stoffes?) aus. Die Eigenthümlichkeit, dass die „lösliche Stärke" an Präparaten gelegentlich die Membranen durchtränkt, welche Nägeli bei *Ornithogalum* (a. a. O. S. 190) gesehen und die ich für *Arum* bestätigen kann, kommt bekanntlich auch den Gerbstoffen zu. — Es darf freilich nicht verschwiegen werden, dass die Reaction mit Kaliumbichromat und die Gardiner'sche Tanninreaction (Zeitschr. f. Mikroskopie I 464) nicht zu erhalten waren. Auch bleibt der Einwurf zulässig, dass unsere „lösliche Stärke" mit einem gerbstoffartigen Körper zusammen

gemengt sei. Ich bekenne aber, dass mir diese Einwände von minderem Gegengewicht scheinen.

3. Der Gerbstoff hat bekanntlich die — vielleicht in der Lebensöconomie der Pflanzen hochbedeutsame — Eigenschaft, dass er beim Absterben der Blätter (ganz oder wenigstens zum Theil) in diesen erhalten bleibt; ich habe oben schon anmerkungsweise hervorgehoben, dass ich die gleiche Eigenschaft bei der „löslichen Stärke" von *Arum* bemerkte. In dieser Beziehung bildet unser Körper aber den diametralen Gegensatz zur wirklichen Stärke.

4. Mit der Annahme, dass die „lösliche Stärke" eine gerbstoffartige Verbindung sei, stimmt auch die Gewebeform des Vorkommens: die Epidermis ist ein Lieblingsaufenthalt der Gerbstoffe; und es stimmt ferner, die Thatsache des allgemein verbreiteten Vorkommens ächter Gerbstoffe in „Gerbstoffschläuchen" bei den Aroideen (Trécul).

5. Die „lösliche Stärke" wird endlich im Licht erzeugt, gerade wie Gerbstoff. Lässt man winterliche Zwiebeln von *Ornithogalum nutans* gleichzeitig und unter gleichen Bedingungen im Licht und im Finstern austreiben, dann zeigen die Tagespflanzen prächtige Reactionen ihrer Epidermen, in den reingelben Finsterblättern aber erhält man weder eine Spur Violettfärbung mit Jod, noch eine Reaction auf Eisensalze. — Ich habe anderwärts nachgewiesen (vgl. die vorläufige Mittheilung in den Sitzb. der Hallischen Naturf. Gesellsch. 5. December 1884), dass der Blättergerbstoff eine Function des Lichtes ist; die „lösliche Stärke" ist es also auch.

6. Schliesslich darf eine correspondirende Beobachtung an anderen Pflanzen nicht übergangen werden. Bekanntlich hat schon Mohl (Zelle S. 206) Jodbläuung an dem wässerigen *Zygnema*-Inhalt gesehen; Nägeli hat a. a. O. S. 190 ff. die Erscheinung bei *Spirogyren* und *Zygnemen* näher untersucht und mit der Erscheinung in der *Ornithogalum*-Epidermis identificirt. Von eben diesen Pflanzen theilen aber sowohl Nägeli (Mikroskop 1. Aufl. S. 494) wie Andere (z. B. Schnetzler, Bot. Centralblatt 1883 Bd. XVI S. 157) mit, dass sie auf Eisensalze reagirende, also wohl gerbstoffartige Körper enthalten.

Das sind Thatsachen genug, die, wenn nicht die gerstoffartige Natur der „löslichen Stärke" so auf jeden Fall viel gemeinschaftliche Beziehungen derselben mit den auf Eisensalze reagirenden löslichen Zellinhalten erweisen.

Vorstehender Artikel wurde im December 1884 niedergeschrieben; unmittelbar vor dem Druck desselben (März 1885) sind mir in Dingler's „polytechnischem

Journal“ zwei Notizen über Jod-Gerbstoffreactionen in die Hände gefallen, dir mir zur Zeit der vorstehenden Ueberlegungen unbekannt, unvermuthet eine sehr werthvolle Stütze meiner Ansicht geben.

1. Bd. 208 (1873) S. 400 wird eine Notiz von V. Griessmayer erwähnt, welcher (Zeitschr. f. analyt. Chemie Bd. XI, V. 43) zeigt, dass Gerbsäurelösung mit ganz schwacher Jodlösung in schwach alcalischer Lösung „eine brillant rothe, im auffallenden Licht ins karmoisinrothe gehende Reaction“ gibt.

2. Der zweiten viel werthvolleren Notiz in dieser Sache gegenüber finde ich mich in einer peinlichen Lage. Ich hätte dieselbe eigentlich kennen sollen; denn sie rührt von meinem Freunde O. Nasse her, und derselbe hat sie mir s. Z. selbst zugeschickt. Ueber eine schwere typhöse Erkrankung habe ich dieselbe völlig aus dem Gedächtniss verloren; und erst aus Dingler's Journal Bd. 253 (1884) S. 340—341 kennen gelernt. Man wird es den obigen Auseinandersetzungen ansehen, dass sie selbstständig entstanden sind. Durch Nasse's schöne Beobachtung gewinnen dieselben noch grössere Sicherheit.

Nasse zeigt (Ber. deutsch. chem. Ges. 1884. 1166), dass eine Gruppe dreifach-hydroxylirter Benzolderivate, nämlich Tannin, Gallussäure und Pyrogalloll (nicht aber andere bekanntere Glieder dieser Gruppe) in Lösung und in Gegenwart von neutralen oder sauren Salzen durch Jodlösung „schön purpurroth“ gefärbt wird.

III.

Ueber die Zusammensetzung des Siebröhrensaftes der Kürbise und alkalisch reagirende Zellsäfte.

Vor Jahresfrist habe ich eine Anzahl chemischer Proben an dem Saft der Kürbissiebröhren angestellt, und war gewillt dieselben bei gegebener Gelegenheit fortzusetzen und zu vervollständigen. Da ich aber nicht annehmen darf, nächster Zeit das bisher Gewonnene erweitern zu können, so scheint es mir angezeigt, meine Resultate hier ausführlich mitzutheilen, zumal dieselben einerseits eine Sicherstellung der einzigen bisher vorhandenen eingehenderen Arbeit über diesen Gegenstand von

---

*) In der Sitzung der Naturforschenden Gesellschaft zu Halle vom 23. Februar 1884 hatte ich von meiner Arbeit vorläufig Mittheilung gemacht und einen Auszug an diesem Orte bereits mitgetheilt.

Zacharias (Bot. Ztg. 1884 N. 5, 1. Februar) und ausserdem eine sehr erwünschte quantitative Ergänzung derselben darstellen.

Meine Untersuchungen sind nicht an Stengelsäften, sondern an den Siebröhreninhalten grosser sog. Centnerkürbise, auch zum Theil an sog. Türkenbundfrüchten und an einigen Exemplaren von *Cucurbita microcarpa* angestellt, die vom Herbst bis Januar in ungeheiztem trocknem Raum aufbewahrt lagen; sie sind also nicht ohne Weiteres mit denen von **Zacharias** zu vergleichen. Nach der Natur dieser Organe darf man annehmen, dass ihre Inhalte denen der Stengel gegenüber zwar nicht abnorm, aber doch möglicher Weise verschieden von denselben sind: die Siebröhren des Stengels werden, mag man sie als Transport- oder Erzeugungsorgane eiweissartiger Stoffe ansehen, die Inhalte eventuell vollständiger zeigen, als die Früchte, in denen die Contenta z. Th. bereits ausgewandert, umgekehrt, bei eventuellem Stoffüberschuss, überschüssig aufgestaut sein können. Man mag diese Gesichtspunkte bei Beurtheilung meiner Resultate und eventueller qualitativer oder quantitativer Differenzen zunächst im Auge behalten. Uebrigens waren die zur Benutzung gekommenen Früchte zwar reif, aber keineswegs überreif und es darf wohl darauf hingewiesen werden, dass Kürbisfrüchte in entsprechender Umgebung gehalten, überaus lang frisch und normaler Beschaffenheit bleiben.*) So kommt es doch, dass sich zwischen meinen und **Zacharias'** Resultaten eine erfreuliche Uebereinstimmung zeigt.

Macht man mit einem scharfen Messer in die rein gewischte Oberfläche der Früchte einige centimeterlange horizontale oder senkrechte seichte Einschnitte, so treten bei turgescenten Exemplaren sofort, bei Früchten, welche einige Zeit im warmen Zimmer liegen, nach Secunden oder Minuten an ein paar Stellen jedes Schnittes scharf begrenzte wasserklare Tropfen aus, die sich durch ihre stark alkalische Reaction sogleich als der Hauptmasse nach den Siebröhren entstammend kundgeben, die auch durch ihre ansehnlich klebrige Consistenz und rasches gallertartiges Erstarren zeigen, dass sie von den gewöhnlichen Parenchymsäften wesentlich verschieden sind. Es darf wohl nicht in Abrede gestellt werden, dass diesen Tropfen geringe Mengen Parenchymsaftes zugemengt sein können; beachtet man aber, dass dieselben sehr rasch, scharf begrenzt und nur an den Stellen, wo innen Siebröhrenzüge liegen, hervortreten, nimmt man zur Sicherheit Früchte, die einige Zeit im Zimmer gelegen und weniger saftstrotzendes Parenchym haben — so darf wohl diese fragliche Bei-

*) Vgl. **Kraus** „Ueber Langlebigkeit des Chlorophyllfarbstoffs" in Sitzb. naturf. Ges. zu Halle 16. Juli 1881.

mengung von Parenchymsaft als für unsere Untersuchung ganz unmassgeblich vernachlässigt werden. Zumal ist, wie oben bemerkt, die Reaction der Tropfen stark alkalisch, während die Parenchymsäfte ansehnlich sauer sind. — Im Uebrigen nehme ich, wie auch Wilhelm (Siebröhren S. 66—67), an, dass die ausgetretenen Massen nicht der Inhalt der ganzen Siebröhre, sondern wesentlich des „Binnenschlauches“ sind.

Ueberlässt man die Tropfen sich selbst, so sind sie, bei substanzreichen Exemplaren, nach einiger Zeit zu gelblichen gummiartigen Kügelchen eingetrocknet, bei substanzärmeren Exemplaren fallen sie zu flachen Krusten zusammen. Der Regel nach verhalten sich bei unmittelbar hintereinander vorgenommenen Schröpfungen die zuerst und die später austretenden Tropfen in ähnlicher Weise different.

Gewöhnlich wurden die Tröpfchen sofort mit einem Platinlöffelchen in einem bedeckten Platintiegel gesammelt und zur Feststellung des Trockengewichts und weiterer Analyse frisch und trocken gewogen.

1. Es musste vor Allem interessiren, die Saftconcentration oder den Gehalt an Trockensubstanz überhaupt kennen zu lernen. Dass sich in die Bestimmungen desselben ein kleiner Fehler durch Uebertreten von Parenchymsäften einschleichen kann, ist oben schon erwähnt. Zugegeben, dass dieser Fehler nicht vernachlässigt werden darf, so dürfte derselbe, wie aus den unten mitzutheilenden Zahlen erhellt, nur dazu beitragen, die Saftconcentration etwas zu erniedrigen. Es bleibt aber gleichwohl das Safttrockengewicht ein relativ hohes. Es beträgt (Tabelle I) im Mittel 8,8 % und schwankt überhaupt zwischen 7 und 11½ %. Uebrigens erhellt aus Tabelle I, 1, dass es bei ein und derselben Frucht constant bleiben, aus Tabelle I, 2 und 6, dass es nach dem individuellen Saftreichthum der einzelnen Früchte und Tabelle I, 1—7 einer- und 8 andrerseits, dass es in verschiedenen Jahrgängen kleinen Veränderungen unterliegen mag.

Man beachte, dass das Gewicht gegen den Substanzgehalt anderer Säfte überaus hoch erscheint. Der Trockensubstanzgehalt der ganzen Kürbise (also Cellulose, Plasma u. s. w. mit einbezogen) beträgt kaum 10 % (König, Nahrungs- und Genussmittel. 2. Aufl. II S. 452). Der Parenchymsaft grosser Kürbise ergab mir bei einer Frucht 5,3 und 5,4, bei einer andern nur 4,1 % Substanzgehalt. Schlagender noch zeigt sich dies Verhältniss gewöhnlichen andern Parenchymsäften gegenüber. Der Stengelsaft von *Canna* z. B. hat nach meinen Feststellungen 1,9—2,6 %, der Saft der Blätter von *Mesembryanthemum* 2,2, der der Blattstiele von *Rheum officinale* 2,7—2,8, der der sehr säurereichen *Echeverien* 4,6, der der *Semperviven* 5,4 % Trockensubstanz.

Nur die Säfte reifer Beerenfrüchte lassen sich mit dem Siebröhrensafte vergleichen. Nach König (a. a. O. S. 492) zeigen

Aepfel	Birnen	Kirschen	Johannisbeeren	Erdbeeren	Himbeeren
13,0	11,5	11,8	9,3	8,2	7,4 %

lösliche Substanzen.

Von der gummiartigen Trockensubstanz ist nach dem Trocknen bei 100° gewöhnlich wiederum der grössere Theil löslich.

a) Bei einem sehr grossen Kürbis zeigt der Saft frisch 0,916, trocken 0,136, also procentisch 14,8 Gewicht. Nach längerer Auslaugung mit lauwarmem Wasser ergab die Masse 0,050 unlöslichen Rückstand, also 36,7 % Unlösliches und 63,3 % Lösliches.

b) In dem Beispiel I, 5 der Tabelle erhielt ich aus 0,03 Trockensubstanz 0,012 Rückstand also 40 %, während 60 % löslich waren.

c) In dem Beispiel I, 1 vom 21. Januar erhielt ich 39,8 % unlösliche, 60,2 % lösliche Körper.

d) In einem weiteren Falle verhielt sich unlöslich zu löslich wie 34,6 : 65,4.

e) Aus Früchten von 1884 ergab sich 40,5 löslich zu 59,5 % unlöslich.

Neben diesen ziemlich constanten Verhältnissen kommen aber auch sehr extreme vor. So erhielt ich aus I, 3 59,3 % unlösliches und nur 40,7 % lösliches. — In einem entgegengesetzten Falle aus 0,1075 Trockenmasse 0,024 d. h. 22,3 % unlösliches, dagegen 77,7 % lösliche Körper.

Bei einiger Ueberlegung werden diese Schwankungen nicht wunderbar erscheinen; wie wir gleich sehen werden, besteht der in Wasser unlösliche Rückstand der Hauptsache nach aus Eiweisskörpern. Es kann nun die Annahme gemacht werden, einmal dass die Menge der gelösten Eiweisssubstanzen an sich so erheblich schwankt, oder aber dass die gefundenen Schwankungen wesentlich aus den im Einzelfalle sehr verschiedenen Beimengungen schleimartiger, nicht eigentlich gelöster Proteinkörper herrühren. Es liegen mir keine Erfahrungen vor, die erlauben, die eine oder die andere Alternative auszuschliessen.

2. Die in Wasser unlösliche rückständige Substanzmasse erscheint amorph, weisslich flockig oder hautartig und zeigt äusserlich in der Hauptmasse die Charaktere der Eiweisskörper: sie färbt sich mit Millon prächtig rosapurpurn, ist in künstlichem Magensaft binnen einiger Stunden verdaulich und gibt dann unzweideutig Pepton-Reaction. Wie die Tabelle II ausweist, ist der Stickstoffgehalt der Masse 12 und 15 %, Zahlen, welche für nur wenig verunreinigte Eiweisssubstanz sprechen.

3. Unter den in Wasser löslichen Substanzen mussten es vor Allem zwei Körper sein, denen nachzugehen es hervorragendes Interesse bot: einmal die löslichen stickstoffhaltigen, die als präsumtive Wanderform der Eiweisskörper im Auge zu behalten waren, andrerseits der Körper, welcher die überaus angenfällige alkalische Reaction des Saftes veranlasst.

Zur Bestimmung des Antheiles der ersten Kategorie von Körpern habe ich folgende qualitative Proben vorgenommen:

a) Der klare wässerige Auszug gibt mit Brucin und mit Diphenylamin deutlich, aber nur spurweise Nitrate oder Nitrite an. Der Versuch wurde wiederholt bei den verschiedensten Früchten vorgenommen.

b) Dieselben Auszüge lassen in andern Proben mit Nessler'schem Reagens deutlich, aber gleichfalls nur spurweise Ammoniakverbindungen erkennen: es tritt eine tiefgelbe Färbung, keineswegs aber ein Niederschlag ein.

c) Ein Theil des wässerigen Auszugs mit SO_4 2 Stunden gekocht und dann mit Nessler'schem Reagens versetzt, gibt eine sehr starke Fällung. Der Versuch wurde besonders sprechend, wenn man mit Schwefelsäure gekochte und intacte Portionen des wässerigen Auszugs nebeneinander mit Reagens versetzte.

Es folgt aus dem Vorstehenden, dass die weitaus grösste Menge des wasserlöslichen Stickstoffs wohl in Form von Amidkörpern vorhanden ist. Unter der (allerdings unbewiesenen) Annahme, dass die lösliche Substanz Asparagin sei, würde dasselbe fast 30 % der Gesammttrockensubstanz betragen können. Man vgl. die angehängte Tabelle unter II, 3.

Nimmt man an, die eben gefundene Zahl habe allgemeine Gültigkeit, so ergibt sich aus dem Vergleich derselben mit den Daten von n. 1 und 2, die bemerkenswerthe Thatsache, dass dennoch der grössere Theil der N-haltigen Substanzen des Siebröhreninhaltes Eiweisskörper sind.

Dass die alkalische Reaction des Siebröhrensaftes, wie schon Zacharias andeutet, wesentlich von Kaliumphosphat herrühre, kann ich aufs bestimmteste behaupten.

Es ist vor allem festzuhalten, dass die alkalische Reaction so überaus stark ist, dass an die überhaupt schwach alkalischen organischen Basen gar nicht gedacht werden kann; die Reaction tritt ferner auch an dem wässerigen und lang gekochten Auszug und ebenso scharf mit Lacmus, wie mit Rosolsäure, weniger scharf mit Phenolphthalein auf (eine Eigenschaft, welche, soweit ich wahrnehmen konnte, alkalisch reagirende Phosphate theilen).

Beim weiteren Suchen nach der Ursache der starken Alkalinität ist zu beachten, dass es sich nur noch um Salze der Alkalien, und zwar Carbonate oder Phosphate handeln kann. Von den Alkalien ist Natrium nur spurweise, Ammon in so geringen Mengen vorhanden, dass es zur Erklärung der überaus starken Alkalinität nicht ausreicht; Kaliumsalze dagegen sind in beträchtlicher Menge vorhanden. Da Carbonate nicht nachweislich sind, bleibt der Schluss auf den Phosphaten stehen.*) Und in der That lassen sich 4—5 % Phosphorsäure im wässerigen Auszug direct nachweisen. Der Nachweis der Phosphorsäure im wässerigen Extract wurde maassanalytisch mit essigsaurem Uranoxyd geführt (Fresenius, Quant. Analyse 5. Aufl. S. 338). In vier aus verschiedenem Materiale stammenden wässerigen Extracten erhielt ich 5,5 %, 4,3 %, 5,4 %, einmal sogar 6,5, also im Mittel 5,4 % Phosphorsäure. — Auch unter Berücksichtigung des Umstandes, dass im Gesammtsiebröhreninhalt höchstens 10 % Trockensubstanz vorhanden sind, würde diese Quantität hinreichen, die alkalische Reaction des Siebröhrensaftes zu erklären. Eine 1 % ja eine ½ % Lösung von basischphosphorsauren Natron reagirt sehr schön alkalisch.

Jedenfalls haben wir darnach das Kaliumphosphat, das von jeher (Liebig, Rochleder, Ritthausen, Eiweisskörper S. 206—210; Pfeffer in Pringsh. Jahrb. VIII, 495) für die Lösung der Eiweisskörper in Anspruch genommen worden ist, in einem ganz ausnahmsweisen Maasse aufgehäuft, wie es sonst in keinem Gewebe gefunden ist.

Von andern löslichen Substanzen weiss ich nur noch Kupferoxydreducirende („Zucker") zu nennen. Dass bei der alkalischen Reaction des Saftes direct reducirende Zuckerarten nicht zu erwarten waren, ist klar. Nach dem Kochen mit Schwefelsäure erhält man aber (vgl. Tabelle n. III) ansehnliche und bestimmbare Quantitäten derselben. Dieselben sind in den verschiedenen Analysen überaus verschieden ausgefallen — von 9—64 % der wasserlöslichen Substanz. Unbegreiflich erscheinen solche Schwankungen aber nicht; Gründe dafür liessen sich sowohl aus dem bekanntermaassen verschiedenen Zuckergehalt der Früchte, als aus der leitenden Natur der Siebröhren überhaupt hernehmen.

Für die specielle chemische Natur der fraglichen reducirenden Substanz wüsste ich keine entscheidenden Thatsachen beizubringen. Ich habe sie in der Tabelle als Saccharose bezeichnet, ohne damit etwas anderes als einen einstweiligen Namen hin-

---

*) Phosphorsäure wird schon von Pfeffer (Phys. I, 330—31) als „reichlich im Siebtheil" der Gefässbündel angegeben.

setzen zu wollen. Zacharias (a. a. O. S. 70) nennt die Substanz „dextrinartig“. Färbungen des wäss'rigen Extracts mit Jod oder Alcoholfällungen, die für diese Bezeichnung entscheidend wären, habe ich jedoch nicht finden können.

Analysen-Tabelle.

I. Trockensubstanz des Siebröhrensaftes verschiedener Früchte.

1. Saft aus einem grossen, halbcentnerschweren gelben Kürbis (die Nr. 1—7 aus der Ernte 1883).

Datum	Frischgew.	Trockengew.	Trockensubst. %
21. Januar	0,5685	0,0515	9,05
22. Januar	0,567	0,054	9,4
30. Januar	0,324	0,030	9,25

2. Aus einer kleinern gelben, aber äusserlich viel saftreicheren Frucht.

	1,462	0,1055	7,2

3. Eine ähnliche andere Frucht ergibt:

	1,097	0,107	9,8
4. Desgl.:	0,6405	0,063	9,8

5. Aus einem gleichen Kürbis, 3 Bestimmungen von unmittelbar hintereinander durch Schröpfen erhaltenem Saft:

	0,4035	0,044	10,9
	0,827	0,0865	10,4
	0,3325	0,0300	9,02

6. Aus einem sehr frischen „Türkenbundkürbis“:

	0,487	0,0335	6,9

7. Die nun folgenden Analysen sind von kleinen, aber ganz frisch aussehenden Kürbisen, jede Analyse aus einer andern Frucht gemacht:

a)	0,6005	0,0525	8,74
b)	0,7505	0,0590	7,86
c)	0,6955	0,0475	6,8
d)	0,6625	0,0465	7,08
e)	0,6505	0,0400	6,14

8. Früchte vom Jahre 1884:

a) grünfrüchtig	1,0235	0,0985	9,5
b) orangegelb	1,0205	0,1175	11,5

II. Stickstoffhaltige Substanzen.

1. Reine, zu gummiartiger durchscheinender Masse zusammengetrocknete Siebröhreninhalte, bei 110° getrocknet im Gewicht von 0,2265 ergibt 0,012866 Gesammtstickstoff oder 5,8 %.
2. Die gleiche Substanz im Gewicht von 0,2995 ergibt N = 0,19766 d. h. 6,6 %.
3. Reine Siebröhrensubstanz im Gewicht von 0,222 ergibt
   in Wasser löslich 0,1535 = 69,1 % der ganzen Substanz,
   in Wasser unlöslich 0,0685 = 30,9 % der ganzen Substanz.

Der Stickstoffgehalt des in Wasser löslichen ergibt 0,006992 N (3,1 % der Gesammttrockensubstanz).

Durch Multiplication mit 9,43 auf wasserfreies Asparagin berechnet ergäbe 0,06593 Asparagin oder 29,7 % der Gesammttrockensubstanz.

4. Wasserunlösliche Trockensubstanz im Gewicht von 0,088 ergibt N = 0,013147 = 14,9 %. Es ist also das in Wasser unlösliche hier nahezu als reine Eiweisssubstanz anzusehen.
5. In 0,274 gr Trockenmasse ist
   Wasserlöslich 0,211,
   Wasserunlöslich 0,0635, d. i. etwa 23 % der Substanz gefunden.

Im Wasserunlöslichen fand sich 0,007645 N d. h. 12 %. Die Substanz kann demnach nicht aus lauter Protein bestanden haben.

III. Zucker.

1. Aus 0,136 gr Trockensubstanz (der unter I, 1 genannten, schweren Frucht) erhält man nach der Inversion des Auszugs mit Schwefelsäure und Reduction mit Fehling 0,029 CuO. Das ist 0,0124 Rohrzucker = 9,1 % der Trockensubstanz.
2. Aus 0,1244 gr Trockensubstanz (kleine tiefgelbe Frucht) erhalte ich, nach der Inversion, mit Fehling, 0,067 CuO d. i. 0,0288 Rohrzucker = 23,1 % der Trockensubstanz.
3. Von 0,03 Trockensubstanz erhalte ich 0,0266 CuO = 0,01143 Rohrzucker = 38,1 %.
4. Aus 0,1075 gr Substanz erhalte ich 0,160 CuO = 0,0688 Saccharose d. i. 64,0 %.

An diese Mittheilungen über den Siebröhrensaft mögen sich einige Erfahrungen über alkalisch reagirende Zellsäfte überhaupt anschliessen.

Unter den sporadischen Vorkommnissen von alkalischen Säften unter der über-

wiegenden Masse saurer (vgl. Kraus, Die Wasservertheilung in der Pflanze Heft IV) werden in erster Linie seit Payen's Entdeckung vom Jahre 1846*) immer die Blasen des Eiskrauts, *Mesembryanthemum crystallinum*, genannt. Insbesondere hat Sachs in seinem grundlegenden Aufsatz über die Reaction der Zellsäfte (Bot. Ztg. 1862) diese Angabe auch für *Mesembryanthemum cordifolium* bestätigt (a. a. O. S. 257 und 263).

Auffallender Weise erklärt sich Pfeffer in der „Pflanzenphysiologie“ gegen diese Angabe. Er sagt (a. a. O. I, 316) kurz: „Payen's Angabe, die blasenförmigen Haare von *Mesembryanthemum crystallinum* hätten alkalische Reaction, finde ich nicht bestätigt“.

Der Widerspruch Pfeffers konnte mir zunächst nicht unerwartet kommen, nachdem ich nachgewiesen, dass die Pflanzensäfte überhaupt wechselnde Acididät besitzen, dass sie sehr gewöhnlich in der Nacht saurer als am Tag erscheinen, dass demnach auch bei der Eispflanze eventuell zu verschiedenen Tageszeiten verschiedene Reaction wahrgenommen werden könnte. Es hätten also z. B. die Blasen am Morgen sauer, am Tage (Abend) vielleicht alkalisch reagiren können.

Unvorgreiflich einer besseren Belehrung will ich mittheilen, was ich über den Gegenstand in Erfahrung gebracht habe. Ich hatte im Sommer 1883 überaus üppige, zu Blüthe und Frucht kommende vielästige Exemplare der Pflanze — zum Zwecke möglichster Reinhaltung — in Treibkästen erzogen, so jedoch, dass dieselben Tag

*) Mémoires prés. par div. savants à l'acad. royale des sciences de l'institut de France. Tome IX. Paris 1846. — Payen: Mém. sur les développements des végétaux. 3ème mém. p. 101—102.

„Les vésicules, qui enveloppent la totalité des feuilles et tiges de cette plante sont remplies d'une solution alcaline. Celle-ci extraite isolément, raméne au bleu de tournesol rougi, laisse cristalliser sur le porte-objet du microscope l'oxalate de potasse, et donne avec les sels calcaires, l'acide tartrique et le chlorure de platine, les précipités qui caractérisent ce sel. La substance membraniforme légère, qui enveloppe la sécrétion présente, par l'iode et l'analyse, les propriétés des matières organiques azotées; enfin la réaction successive de l'iode, de l'acide sulfurique, y décèle la cellulose p. 102 en faisant apparaître la coloration bleue spéciale. On trouve encore dans le liquide alcalin des rudiments de cristaux d'oxalate de chaux, enveloppés du léger tissu utriculaire des concrétions.

Toute la périphérie de la plante est donc constituée ainsi dans un état d'alcalinité prononcée; toute la masse des tissus intérieurs, au contraire, est à l'état acide: on s'en assure aisément p. 102 en posant une section fraîche de la tige ou d'une feuille sur un papier bleu de tournesol, car on obtient aussitôt une impression fortement rougie“.

„Cette plante, où M. Gay-Lussac a constaté la présence de l'oxalate de soude, donne par son incinération, la soude de Ténériffe. Dans le Mesembryanthemum cultivé au jardin du Roi, l'oxalate de potasse domine: c'est que, dans le premier cas, le terrain, entouré par les eaux de la mer, abonde en composés à base de soude, tandis que dans le deuxième, comme presque par tout à l'intérieur des continents, les composés à base de potasse sont en plus forts proportions dans les sols comme dans les engrais et dans les végétaux“.

und Nacht über freie Luft genossen. Sie wurden bis in den October in grösster Schönheit erhalten. Um diese Zeit und im November (unter Nachtdecke) wurden, immer im Laufe des Vormittags, von grossen Massen, durch Appressen der Blasen mit schwedischem Filtrirpapier reiner Drüsensaft gewonnen und nach dem Auspressen aus dem Papier wasserklar filtrirt.

Dieser Saft sowohl, als auch der direct durch Anstechen der Blasen auf Reagenspapier genommene Saft zeigte sich gegen Lacmus stets deutlich alkalisch. Dies also zu einer Tageszeit, wo nach der allgemeinen Regel stark saure Reaction der Säfte vorherrscht.

Anders dagegen verhielt sich der Saft gegen die Indicatoren Phenolphthalein und Rosolsäure. Da fand ich die Reaction entschieden sauer. Ich will ein paar Titrationsbeispiele anführen:

5 cc reinen Saftes mit 3 Tropfen einer sehr verdünnten (weingelben) alkoholischen Lösung von Phenolpthalein versetzt, verbraucht zur ersten Andeutung einer Röthung 2 cc Lauge von $^1/_{10}$ %.

In einem andern Falle desgl. verbrauchen 10 cc Saft 3 cc Lauge.

Bei einer dritten Herstellung verbrauchen 3 cc Saft 0,8 cc Lauge.

Eine Drüsensaftprobe, im December 1883 hergestellt, ergab gegen Lacmus und Rosolsäure sehr entschieden alkalische, gegen Phenolphthalein enschieden saure Reaction.

Ueber eine neue Probe, die ich meinem Collegen Schmidt (jetzt in Marburg) zur Prüfung gab, berichtete derselbe: „Reaction gegen Lacmus amphoter, gegen Phenolphthalein und Rosolsäure sauer“. Die Reaction zeigt sich also nur gegen Lacmus der Regel nach alkalisch, gegen andere Indicatoren dagegen der Regel nach sauer. Dass die Reaction nicht alkalisch im strengen Sinne des Wortes sein kann, geht auch daraus hervor, dass bei sehr vorsichtigem Zusatz von Ammoniak zum Drüsensaft, in dem Moment, wo die Flüssigkeit gegen die letztgenannten Indicatoren nur eine Spur alkalisch wird, sofort eine energische Trübung und Fällung eintritt. —

Bei der Erklärung dieser Erscheinung aus der chemischen Zusammensetzung des Saftes wird man wohl von der Ansicht ausgehen dürfen, dass in demselben sauer und alkalisch reagirende Substanzen gemischt sind.

Die erste chemische Analyse des Drüsensaftes stammt von John (1811). Derselbe fand wesentlich Chlornatrium, Glaubersalz und Kalisalpeter*), also wesentlich neutral reagirende Substanzen.

*) Die Analyse, welche von Fechner (Resultate der Pflanzenanalysen 1829 S. 71) und darnach von Rochleder (Phytochemie S. 76) citirt wird, steht in: „Chemische Untersuchungen mineral., vegetab.

Auch die analytischen Angaben Payen's aus dem Jahre 1846 — dieselben sind bereits oben unter dem Text citirt — lassen keinen entschieden reagirenden Inhalt hervortreten.

Andere chemische Angaben über die in Rede stehende Pflanze sind mir nicht bekannt. Vielleicht darf ich unter diesen Verhältnissen meiner eigenen fragmentarischen Untersuchungen gedenken:

1. Das specifische Gewicht des Drüsensaftes betrug:

Analyse vom 30. November 1,0315,
Analyse vom 4. December 1,0285.

2. Beim Eintrocknen des reinen Saftes zu krystallinischen mit braunen „Extractivstoffen" verunreinigten Krusten fallen vor allem die vorwiegenden Massen luftbeständiger würfelförmiger Krystalle auf; es sind die schon von John erwähnten Kochsalzwürfelchen.*) Maassanalytisch mit Silber titrirt fand ich in einem Falle 34,2 in einem andern Falle sogar 46 %**) des Trockenrückstandes aus Chlornatrium bestehen.

3. Die von Payen avertirte Oxalsäure — sie ist wohl als oxalsaures Kali vorhanden — fand ich bei einer Bestimmung zu 15 % des Trockenrückstandes.

4. Daneben scheint das — allerdings sehr wechselnde Vorkommen von phosphorsauren Salzen — in Rücksicht auf die alkalische Reaction nicht ohne Bedeutung. Ich fand in einem Fall 0,65, in einem zweiten 2,5 % Phosphorsäure (maasanalytisch mit Uran nachgewiesen). So nahe es liegen mag, in Rücksicht auf den vorhergehenden und die noch zu besprechenden Fälle — basischphosphorsaure Salze als die Ursache der alkalischen Reaction anzusprechen — ich möchte es nicht wagen, dies mit Bestimmtheit auszusprechen.

---

und animalischer Substanzen. 2. Forts. des chem. Laboratoriums von J. F. John". Berlin 1811. S. 9—10. Ich führe den Passus, der sich auf die Drüsen bezieht, wörtlich an: „Ich sammelte ungefähr 1/2 Unze Saft der Drüsen, welcher alle Teile, vorzüglich aber den Stengel der Pflanze bekleidet, und derselben das eisartige Aussehen giebt. Er war ungefärbt wie Wasser. Mit schwefels. Silber und essigs. Baryt giebt er sehr starke Niederschläge, und setzt in der Wärme eine wenig flockige Substanz ab, die aller Wahrscheinlichkeit nach Eiweissstoff ist. — Durch die Krystallisation bildeten sich Würfel von Kochsalz, die mit einigen prismatischen Krystallen des schwefels. Natr. verbunden waren. Die Krystalle waren zum Teil von Extractivstoff schwach gefärbt. Nach der Glühung dieser Masse und der Zerstörung des Extractivstoffes reagierte der in Wasser aufgelöste Rückstand alkalisch, woraus die Gegenwart des Salpeters erhellt. Salzsaures Natron, schwefels. Natron, salpeters. Alkali. Eine Spur Eiweissstoff und Extractivstoff sind also in der Wässerigkeit jener Drüsen aufgelöst."

*) Sie wurden qualitativ genau geprüft.

**) 2,528 gr Substanz enthielten 0,865 NaCl und das zweite Mal 0,5 gr Substanz 0,234 NaCl.

Neben diesem allbekannten Beispiel „alkalischen“ Saftes kenne ich auch noch Fälle von Alkalinität, die, soweit ich weiss, bisher unbekannt waren, nämlich alkalischen Nectar. Der Zuckersaft ist in manchen Blüthen, gleich beim Beginn der Absonderung (und nicht etwa nach längerem Stehen im abwelkenden Zustande der Blume), deutlich alkalisch. So fand ich es in den Blüthen von *Astrapaea Wallichiana* und bei *Correa rufa* und *cardinalis*. Die dickbuschigen Blüthenstände der erstern Pflanze hängen bekanntlich an langen Stielen senkrecht abwärts; schleudert man die eben aufgeblühte Inflorescenz auf eine breite Porcellanschale aus, so erhält man leicht einige Cubikcentimeter wasserhellen überaus zuckerreichen Saftes, der gegen rothes Lacmuspapier gewöhnlich sehr deutlich bläuend wirkt. So habe ich an Warmhausblüthen vom 25. Januar 1877, ganz in derselben Weise an mehreren Blüthenständen vom 10.—16. Januar 1884, endlich im Februar (2. und 9.) 1885 gefunden. Für Alkalinität des Saftes spricht auch die Thatsache, dass der „Zucker“ zum weitaus grösseren Theil nicht als direct reducirender vorhanden ist, sondern erst nach dem Kochen mit einigen Tropfen Schwefelsäure reducirt.

Hinsichtlich der Ursache der Alkalinität bestehen auch hier Zweifel, ich habe das Vorhandensein von Phosphorsäure (mit molybdänsauren Ammoniak), aber auch mit Nessler's Reagens sehr deutlich Anwesenheit von Ammoniak constatiren können. Für den Fall, dass man phosphorsaures Alkali für die Basicität des Saftes wollte verantwortlich machen, dürfte das Vorkommen noch zahlreicher alkalischer Nectarsäfte zu erwarten sein. Denn bekanntlich ist Phosphorsäure im Honig ein nicht seltenes Vorkommniss.*)

Ein zweites Vorkommen alkalischen Zuckersaftes kann ich für die Blüthen von *Correa rufa* und besonders *cardinalis* angeben. Am Saft ganz frisch geöffneter Blüthen erhält man eine sehr schöne Bläuung rothen Lacmuspapiers. Diese Reaction ist aber vorübergehend, das Papier röthet sich nach einiger Zeit wieder. Nessler's Reagens gibt eine sehr ansehnliche Fällung, mit Platinchlorid erhält man sehr hübsche Octaëderchen. — Alles das scheint mir mit Bestimmtheit darauf hinzuweisen, dass hier die alkalische Reaction von einer Ammoniumverbindung abzuleiten ist.**)

---

*) König, Nahrungsmittel I, S. 161 und II, 483 gibt 0,028 % im Mittel an.

**) Auch die energische Alkalinität des Plasmodiums von *Fuligo varians* wird bekanntlich in gleicher Weise erklärt (Reinke).

IV.

Zucker und Säure in den Gelenken der Bohnenblätter.

Ueber die inneren Ursachen, welche den periodischen Bewegungen sogenannter schlafender Blätter, z. B. der Mimose, der Bohne oder der Papilionaceen überhaupt zu Grunde liegen, ist bekanntlich soviel sicher, „dass es sich um Turgescenzänderungen in den beiden Gewebehälften eines Bewegungsorganes handelt und dass diese nur auf Zu- und Abfluss von Wasser beruhen können. Verdunklung bewirkt einen verstärkten Zufluss von Wasser in das Bewegungsorgan, jedoch rascher in der einen Hälfte als in der andern; Helligkeitszunahme des Lichts dagegen muss Abfluss von Wasser aus dem gesammten Organ, weil es schlaffer wird, bewirken und zwar auch wieder rascher in der einen Hälfte als in der andern“ (Sachs, Vorl. S. 779).

Steht dieses einmal fest, so ist die weitere Aufgabe der Forschung die, nach den Ursachen der periodischen Wasseranziehung, bzw. -abstossung zu suchen, zu ermitteln, durch welche Vorgänge in den Gelenken angezogen bzw. ausgestossen wird, und es ist klar, dass man bei der Wasseranziehung zunächst daran denkt, es könnten in den Zellen wasseranziehende, endosmotisch wirksame Substanzen erzeugt werden.

Der Einzige, welcher in dieser Hinsicht eine bestimmte Ansicht ausgesprochen, ist Bert. Derselbe hat schon im Jahre 1870*) hypothetisch während des Tags in den Zellen sich bildende Glycose als wasseranziehende Substanz (für Mimose) in Anspruch genommen und 1878**) das Vorhandensein von Glycose in den Gelenken dieser Pflanze thatsächlich nachgewiesen. Er wies freilich zunächst nur nach, dass in den Gelenken factisch Glycose vorhanden, und zwar in grösserer Menge vorhanden ist, als in den Blattstielen: „En examinant les feuilles bien vivantes, je reconnus que, si les pétioles contiennent des traces évidentes de glycose, les renflements sont considérablement plus chargés de cette matière osmotique“ (Compt. rend. l. c. p. 422). Dass die Glycose bei Tag und Nacht in wechselnder Menge vorhanden sei, hat er nicht erwiesen, sondern aus allgemein physiologischen Gründen geschlossen: „Je ne puis m'empêcher de voir dans cette glycose la raison fondamentale du mouvement periodique des végétaux. On sait que cette substance se forme sous l'action de la lumière solaire, et qu'elle se détruit dans l'obscurité prolongée. On sait également

*) P. Bert, Recherches sur les mouvements de la sensitive. Extr. Mém. Soc. des scienc. phys. et naturelles de Bordeaux. Tome VIII. Seconde Mémoire 1870. p. 91 sq.

**) Compt. rend. 1878. T. 87. p. 421—424. Sitzung 16. Sept.

qu'elle émigre pour s'emmagasiner parfois en divers points de l'organisme végétal. Le renflement moteur est un de ces points, et il est bien évident, quoique les analyses comparatives présentent de singuliers difficultés, que sa quantité doit y varier aux divers moments de la végétation diurne. Préparés pendant le jour par les folioles, que frappe le soleil, la glycose doit s'accumuler vers le soir dans le renflement moteur et là attirer progressivement l'eau de la tige, d'où augmentation graduelle de la tension du ressort moteur, par une sorte d'érection due à une action chimique" (l. c. p. 422—423).

Pfeffer (Bot. Ztg. 1879. S. 187) hat gegen diese Auffassung der Sache sehr entschieden Einspruch erhoben; er macht nicht allein darauf aufmerksam, dass das Verhalten der Pflanzen im Dunkel einer solchen Anschauung des Sachverhaltes widerspreche, sondern hebt auch hervor, dass ein wechselnder Glycosegehalt der Gelenke von Bert gar nicht erwiesen sei, ja dass bei *Phaseolus* Glycose überhaupt nur spurweise vorkomme.

Ich habe versucht dem Verhalten des Zuckers in den Gelenken bei der Bohne (*Phaseolus vulgaris*) näher zu treten, und am Ende des Tages (Abends), sowie am Ende der Nacht (Morgens) den Zuckergehalt (resp. die direct kupferoxydreducirende Substanz) bestimmt. Daneben habe ich auch den relativen Gehalt an freier Säure*) festgestellt. Am Abend fanden sich die Blätter noch in voller Tagesstellung, am Morgen noch in der Nachtposition. Es war unter diesen Verhältnissen zu erwarten, dass eine allenfallsige Verschiedenheit an Zucker und Säure deutlich hervortrete. Die Resultate, welche ich erhalten habe, sind:

1. In den Gelenken der Bohnenblätter (Haupt- und Seitengelenke) ist am Ende des Tages deutlich Zucker, und stets in grösserer Menge nachzuweisen, als am Ende der Nacht. Zu letzterer Zeit kann derselbe sogar ganz fehlen.

2. Umgekehrt ist der Gehalt an freier, titrirbarer Säure Tags über deutlich geringer, als bei Nacht.

3. Es wächst also tagsüber der Zucker-, Nachts der Säuregehalt, um Nachts, bezw. tagsüber sich zu mindern oder sogar zu verschwinden.

4. Nimmt also, wie Pfeffer (a. a. O. und „Periodische Bewegungen" S. 87 u. s. w.) ausführt, bei Nacht die Turgescenz in dem Gelenkgewebe zu, so kann dieselbe unmöglich, wie Bert will, als eine Folge der endosmotischen Wirkung der Glycose angesehen werden; mit viel grösserem Rechte könnte man eine solche

*) Ueber die Methode vgl. meine IV. Abhandlung „Ueber die Wasservertheilung in der Pflanze": Acididät des Zellsafts.

Wirkung dem Nachts über sich vermehrenden „Säuregehalt" zuschreiben. Ich gestehe aber, dass sich auch dieser Auffassung mehrlei Bedenken entgegenstellen, und dass sie jedenfalls vor ihrer Annahme weiterer Begründung bedürfe. Denn im Grunde ist die hier constatirte stoffliche Verschiedenheit in den Gelenken schlafender Blätter nur ein Specialfall der von mir allgemein constatirten Thatsache, dass die Pflanze und ihre Organe am Tag zucker-, in der Nacht säurereicher sind (man vgl. Kraus, Wasservertheilung in der Pflanze, Heft IV).

Beschreibung der einzelnen Versuche.

Von im Freien wachsenden Buschbohnen wurden möglichst freiliegende in directer Sonne und Tagesstellung befindliche Blätter meist Abends 5 Uhr frisch abgenommen, desgleichen von denselben Pflanzen morgens früh in natürlicher (oder durch Ueberstülpen geräumiger Holzkisten künstlich erhaltener) Nachtstellung befindliche.

Die bekanntlich scharf abgesetzten Gelenke wurden sofort rein abgetrennt, gewogen, im Porcellanmörser fein zerrieben, ausgekocht und filtrirt.

Das völlig wasserklare Filtrat ist zur Zuckerbestimmung mit Fehling oder Titration der Säure sehr schön geeignet.

I. Versuch. 10. Juli 1881. Von etwa 24 Blättern die Einzelgelenke 1,4 gr wiegend, Abends 5 Uhr; die Nachtportion andern Morgens 8 Uhr.

Filtrat auf 25 cc gebracht.

2 cc Flüssigkeit mit 0,2 cc Fehling oder 5 cc Flüssigkeit mit 1 cc Fehling ergeben jedesmal sehr wenig, aber am „Tag" völlig sicher mehr Reduction als in der „Nacht".

2 cc Flüssigkeit (Phenolphthalein als Indicator) ergeben mit 0,2 Lauge bei „Tag" eine tiefe Rosafärbung, bei „Nacht" sind sie nahezu farblos.

II. Versuch. Am gleichen Tage Abends 7 Uhr. Blätter aus dem Freien und solche die den ganzen Tag künstlich im Dunkel gehalten deutlich steifer waren.

Gleiche Gewichtsmengen mit gleichen Wassermengen extrahirt.

2 cc Flüssigkeit gab bei 3 Tropfen Lauge „Tags" schöne Rosafärbung, „Nacht" blieb farblos.

Zucker ausserordentlich wenig, aber in „Tag" sehr deutlich mehr.

III. Versuch. 13. Juli, sonniger und heisser Tag; die Gelenke von 50 Blättern im Gewicht von 2,260 Nachmittags 3 Uhr. Am andern Morgen 6 Uhr unter Holzdecke von 50 Blättern 2,432 gr Gelenke. Ausgekocht ergab das Gesammtfiltrat Glycose

im Licht 0,005,
im Dunkel 0,0018.

IV. Versuch. An dem gleichen Tage. Die einen früh 10 Uhr aus der Sonne, die andern aus künstlichem Dunkel (seit Abend vorher). Gleiche Gewichtsmengen auf gleiche Extractmenge gebracht.

Säure: 5 cc Flüssigkeit gebrauchen zu lichter Rothfärbung 0,3, im Dunkel 0,35 Lauge.

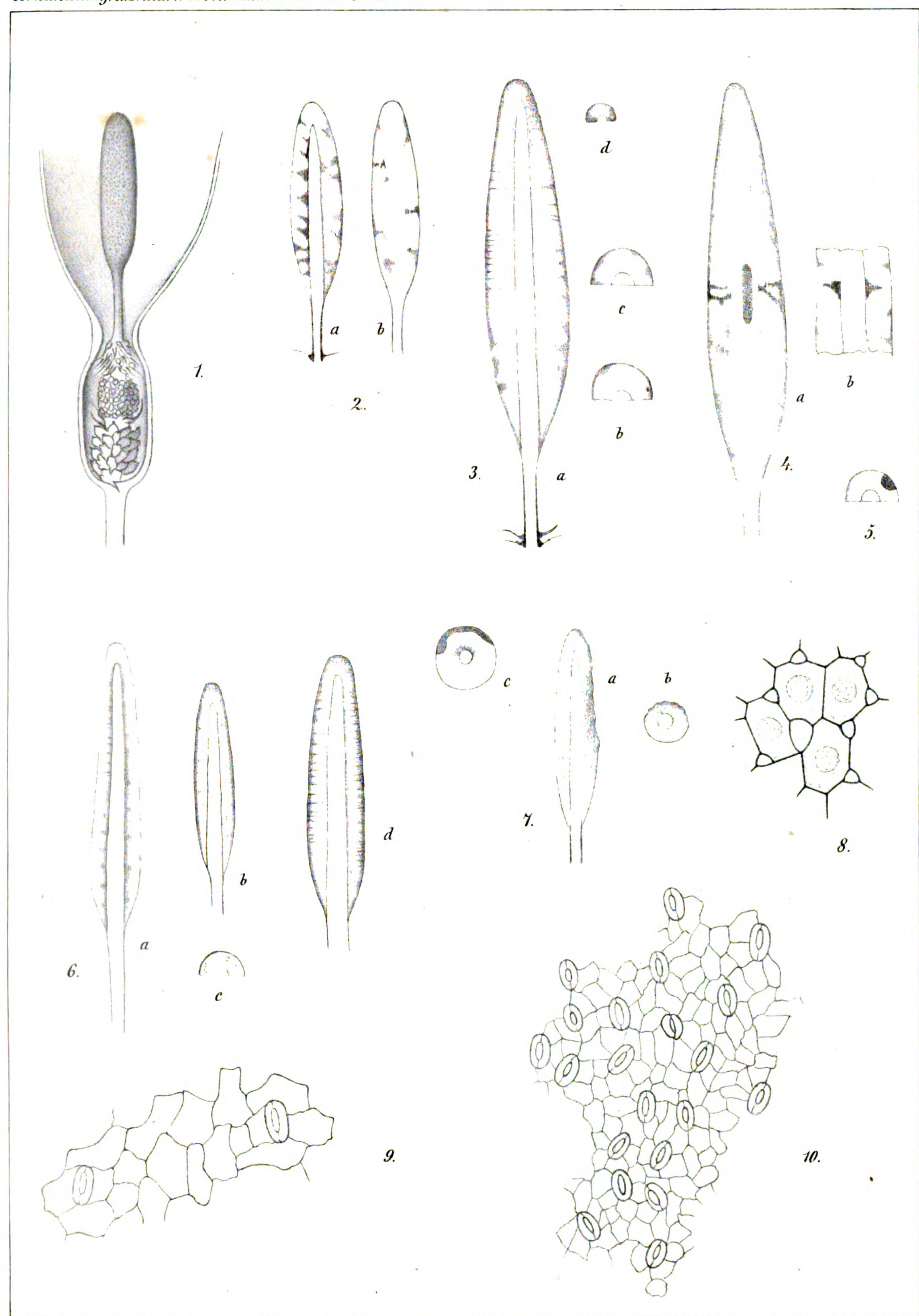
Zucker: In 40 cc Flüssigkeit erhielt ich im Dunkel 0, im Licht 0,007 CuO.

V. Versuch. Am 18. October (1880) wurden 3 gr Gelenke, am folgenden Tage früh 8 Uhr 3 gr auf Zucker untersucht.

Aus den ersten erhielt ich mit Fehling 0,054 Glycose, aus den letztern 0,074 (müsste 0,081 sein).

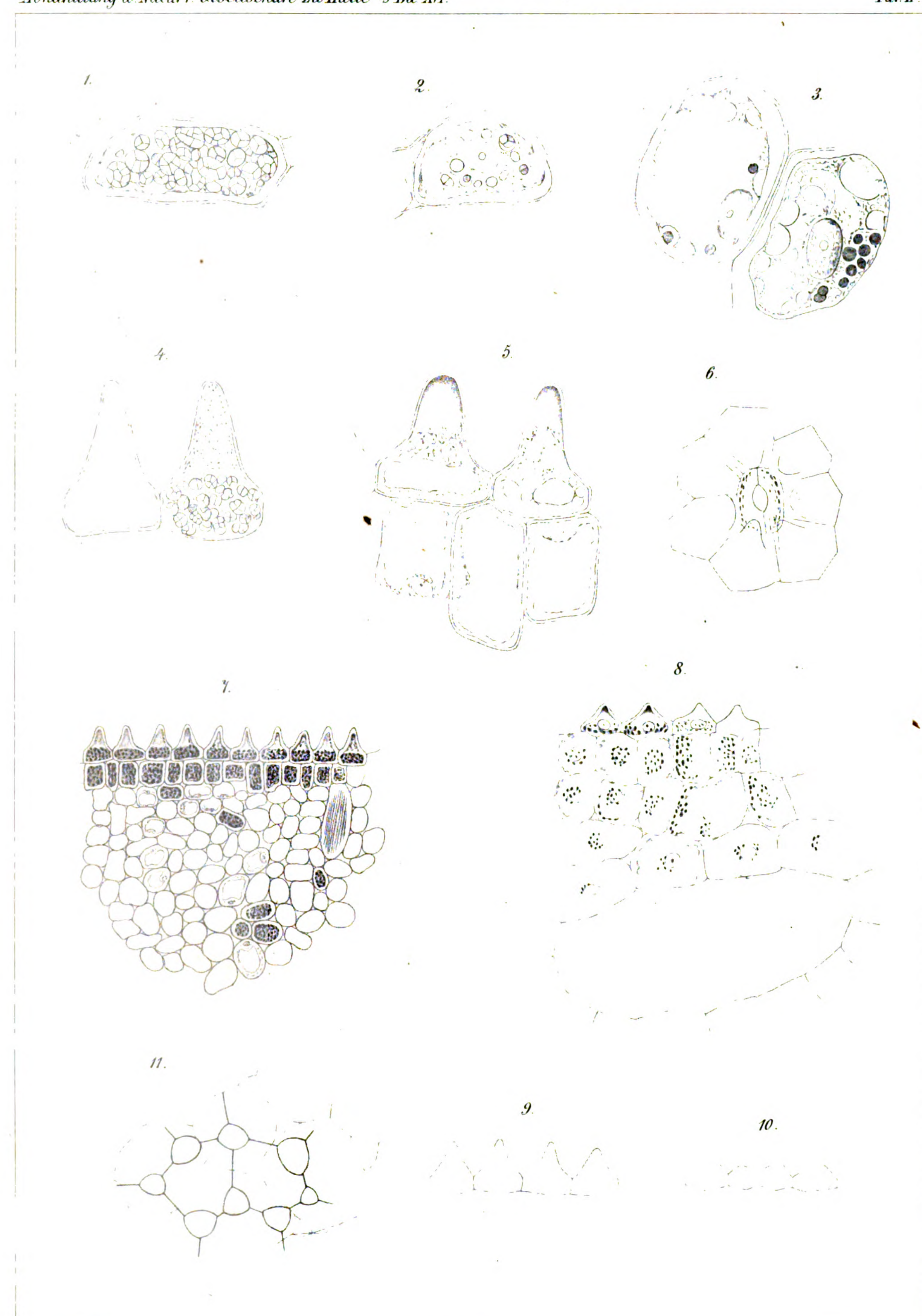
Nachdem die gleichen Blätter noch bis Nachmittag 3 Uhr künstlich im Dunkel gehalten worden, erhielt ich aus 1,7 gr Gelenksubstanz 0,040 Glycose (statt 0,0459).

Halle, Druck von Ehrhardt Karras.



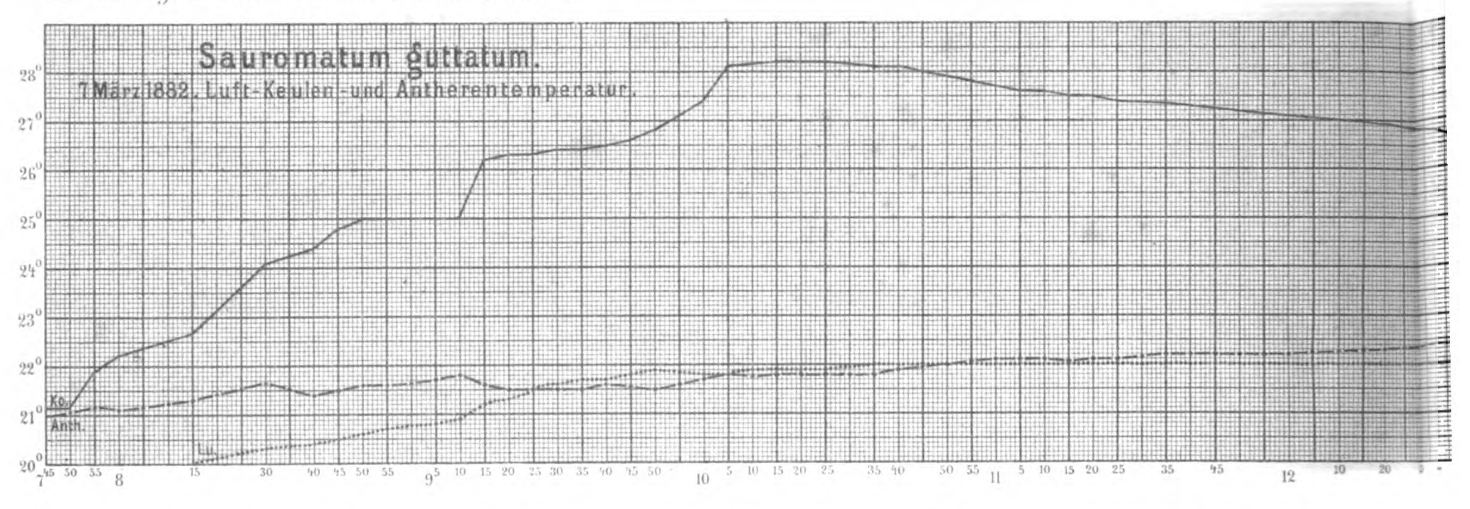
G. Kraus del.

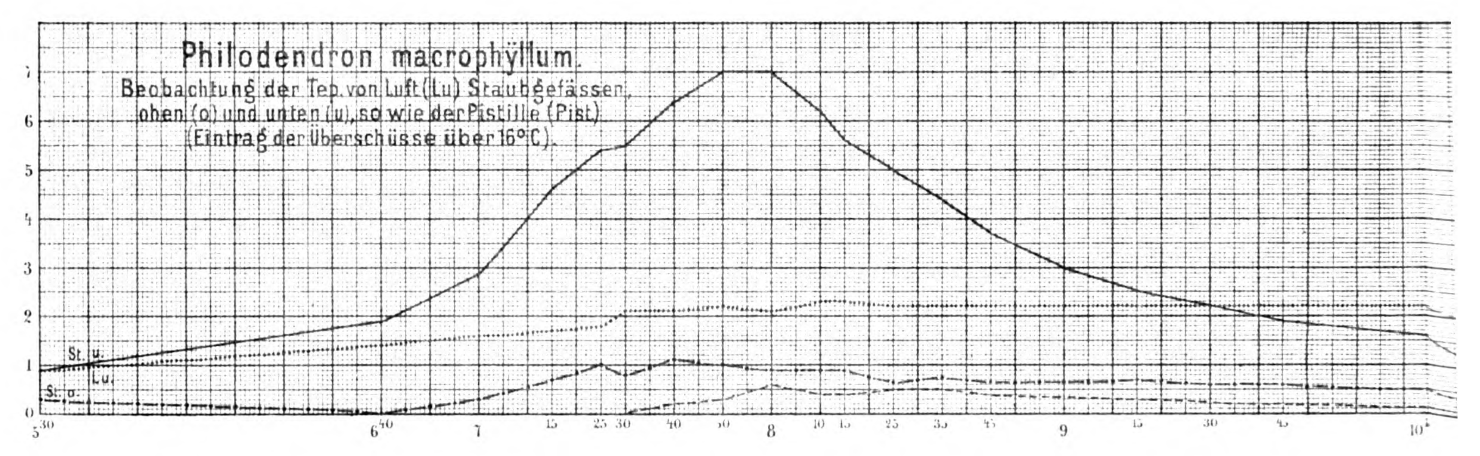
Lith. Anst. v. J. G. Bach Leipzig.

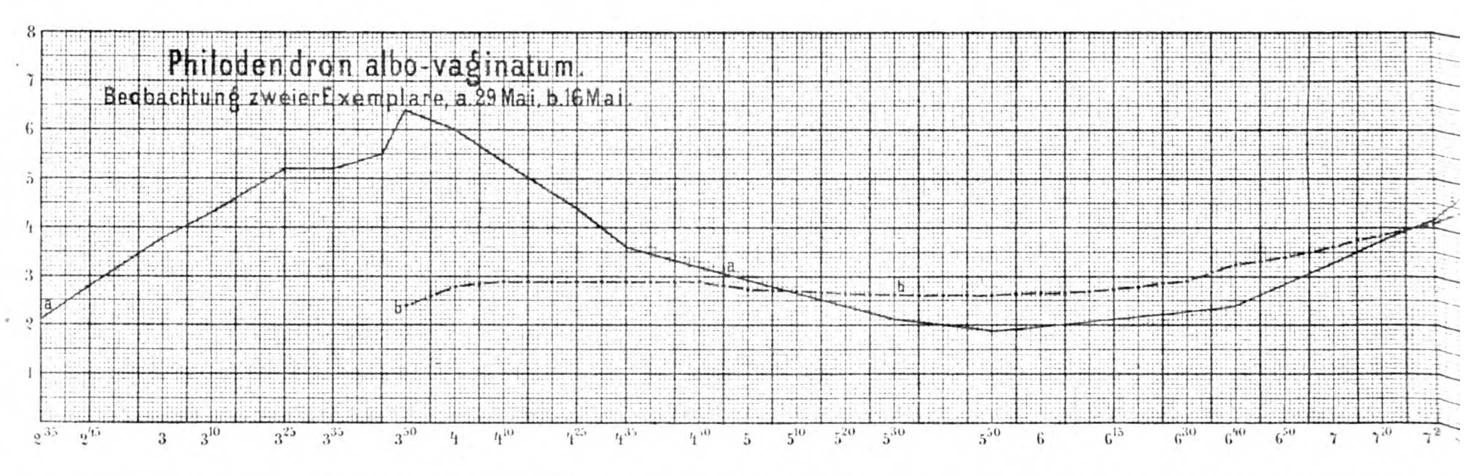


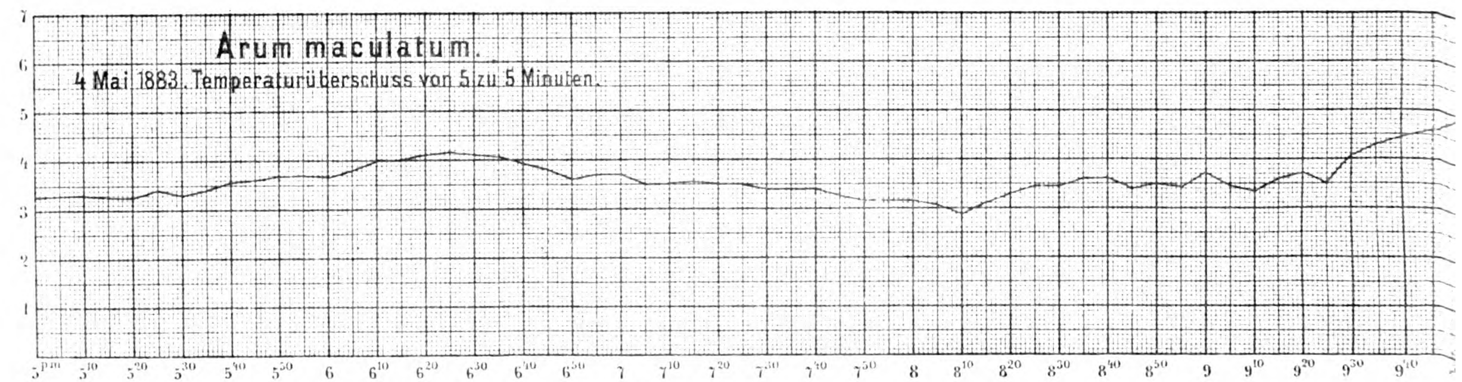
Kraus del

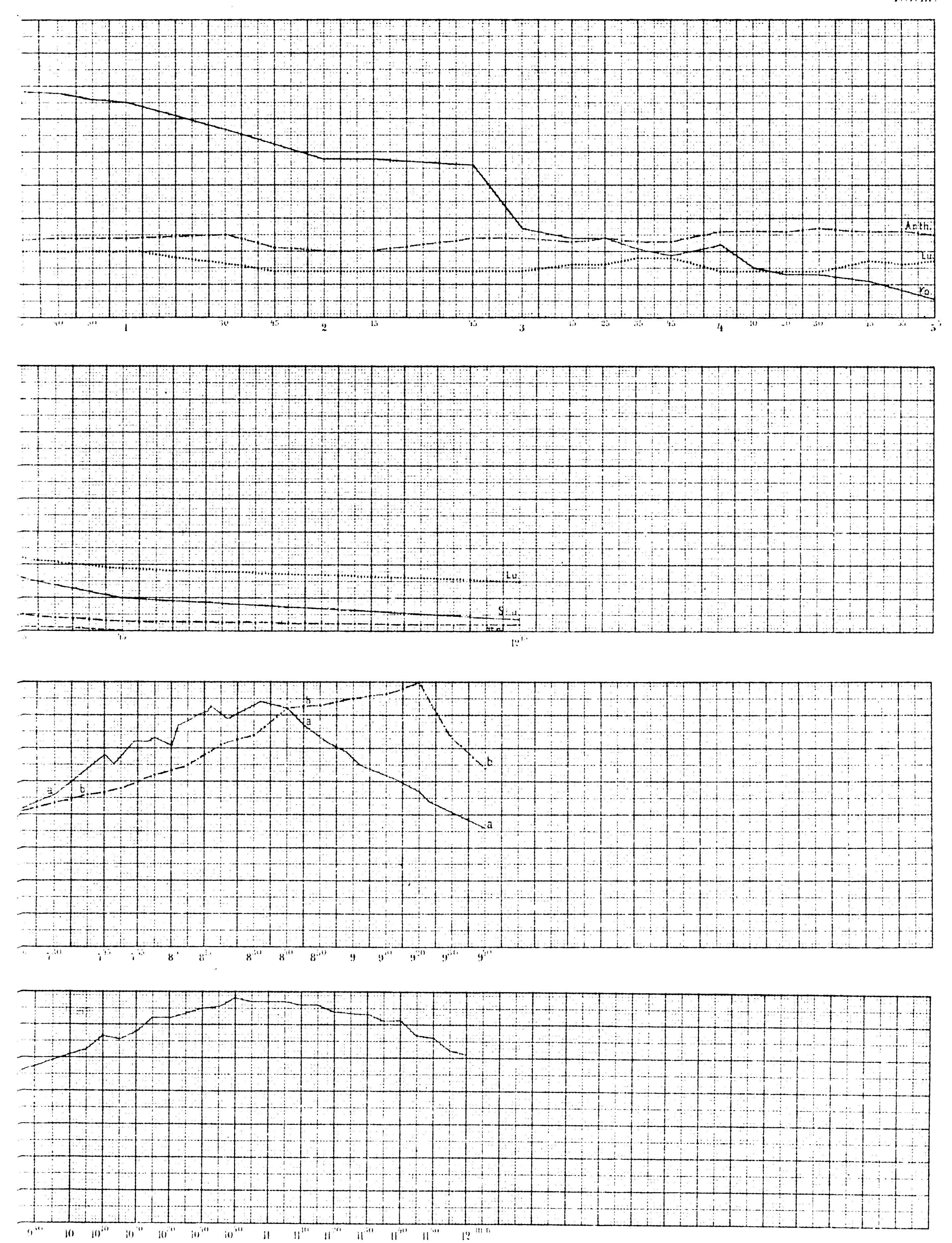
Lith Anst v J G B


Sauromatum guttatum.
7 März 1882. Luft-Keulen- und Antherentemperatur.
Ko.
Anth.
Lu.


Philodendron macrophyllum.
Beobachtung der Tep. von Luft (Lu) Staubgefässen, oben (o) und unten (u), so wie der Pistille (Pist.)
(Eintrag der Überschüsse über 16° C).
St. u.
Lu.
St. o.


Philodendron albo-vaginatum.
Beobachtung zweier Exemplare, a. 29 Mai, b. 16 Mai.
a
b


Arum maculatum.
4 Mai 1883. Temperaturüberschuss von 5 zu 5 Minuten.


Anth.
Lu.
Yo.
1
2
3
4
Lu.
S
a
b
a
b
b
a
a
b
8
9
10
11
12

?. Ko.

ABHANDLUNGEN

DER

NATURFORSCHENDEN GESELLSCHAFT ZU HALLE

ORIGINALAUFSÄTZE

AUS DEM GEBIETE DER GESAMMTEN NATURWISSENSCHAFTEN

XVI. Band 4. Heft

enthält



HALLE

MAX NIEMEYER

1886

Ueber

Stoffwechsel bei den Crassulaceen

von

Gregor Kraus.

Einleitung und Uebersicht.

Bei meinen Untersuchungen über die Acididät des Zellsafts war ich alsbald auch auf die überaus sauren Säfte der Crassulaceen aufmerksam geworden, hatte aber auch gleich die Ueberzeugung gewonnen, dass der bei ihnen so massenhaft vorkommenden Aepfelsäure eine besondere Leistung im Leben dieser Gewächse zukommen müsse (Ueber die Wasservertheilung IV S. 24 Anm. 3). Auch schienen mir Untersuchungen über diese Pflanzen, bei denen die Natur der sauer reagirenden Substanz sicher gestellt ist, vielleicht einen fixen Punkt abgeben zu können zu ferneren Studien über die Säuren bei andern Pflanzen, wo man bekanntlich über dieselben noch mehr oder weniger im Ungewissen tastet.

Zahlreiche Versuche und Analysen, welche ich im Laufe mehrerer Jahre durchgearbeitet, haben mich nun zu bestimmten Ansichten über die Bedeutung der Aepfelsäure bei den Crassulaceen geführt, welche nicht unwesentlich abweichen von denen, welche letzthin über diesen, plötzlich in den Vordergrund physiologischen Interesses getretenen Gegenstand veröffentlicht worden sind. Ich hätte meine Arbeit schon vor Jahresfrist zur Vorlage bringen können, hätte mich nicht eine schwere Erkrankung gehindert, die letzten abrundenden Striche daran zu thun.

Es ist schon seit den Arbeiten von Vauquelin, Gay-Lussac, Braconnot und Andern*) bekannt, dass die Crassulaceen ausserordentlich reich an Aepfelsäure sind und z. B. *Sempervivum tectorum* („Joubarbe“) schon zu den ersten Studien über diese Pflanzensäure benutzt worden und noch heute zur Darstellung derselben empfohlen (Gmelin-Kraut, Handbuch der Chemie Bd. V 1852 S. 339).

Es ist auch schon seit jenen Zeiten bekannt, dass im Safte dieser Pflanzen die Aepfelsäure in zwei Formen vorkommt: einmal als freie Säure und dann, durch diese wesentlich in Lösung erhalten, massenhaft in Form von Kalkmalat.

Von der Anwesenheit dieser beiden Formen der Aepfelsäure überzeugt man sich am einfachsten, wenn man den ausgepressten, wasserklar filtrirten Saft z. B. von

*) Die gesammte Literatur unseres Gegenstandes ist am Schlusse dieser Abhandlung zusammenhängend dargestellt.

Sempervivum oder *Echeveria* mit dem 4—5 fachen Volum hochprocentigen Alcohols versetzt. Sofort erhält man eine sehr starke schneeweisse Fällung — das Kalkmalat, während im überstehenden Alcohol die freie Säure mit den bekannten Mitteln nachgewiesen werden kann.

Quantitativ lässt sich das abfiltrirte, ausgewaschene und getrocknete Kalksalz sehr leicht durch Wägen als solches bestimmen; die freie Säure aus dem Bleiniederschlag berechnen. Diese beiden Substanzen sind die wesentlich hier in Frage kommenden Constituenten des Saftes bei unsern Pflanzen — darin stimmen alle Forscher überein.

Dass eine Betrachtung der Säure unserer Pflanzen, welche das Wesen und ihre Bedeutung im Stoffwechsel erörtern soll, beide Formen des Vorkommens in's Auge zu fassen, deren Beziehungen zu einander und deren Veränderungen zu studiren hat, versteht sich ganz von selbst.

Wir wollen einmal, um diese Bedeutung auf eine einfache Weise vorläufig kennen zu lernen, eine etwas vollständigere Analyse einiger Crassulaceen-Pflanzen, unter Hinzuziehung anderer physiologisch wichtiger Stoffe vorführen:

I. *Sempervivum californicum.* 4 überwinterte Rosetten, am 27. Februar aus dem Freien genommen. Jede Rosette hat 45 Blätter im Mittel, die an einem Stamm von 8—10 mm Durchmesser sitzen; die Blätter sind 2 cm lang, 6—7 mm breit.

	Frischgew.	Trocken	Malat	Freie Säure	Zucker	Stärke
Rosetten	33,999	2,5695 (7,6)*)	0,6635 (25,9)**)	0,0817 (3,2)	0,1158 (4,5)	0,186 (7,2)
Rhizom u. Wzln.	3,309	0,585 (17,7)	0,0985 (16,8)	0,0281 (4,8)	0,0366 (6,3)	0,0648 (11,2)

II. *Sempervivum Funkii.* In ähnlicher Weise, am 2. März. Etwa 32 Blätter an jeder der 3 Rosetten.

Rosetten	37,68	2,412 (6,5)	0,8275 (34,4)	0,132 (5,5)	—	0,1632 (6,9)
Rhizom u. Wzln.	5,1	0,7675 (15,0)	0,0555 (7,2)	0,0507 (6,6)	—	0,1003 (12,6)

III. *Sempervivum blandum.* Am gleichen Tage. 3 Rosetten zu 30 Blättern.

Rosetten	32,721	2,547 (7,7)	1,0125 (39,8)	0,1397 (5,5)	—	0,2284 (8,9)
Rhizom u. Wzln.	2,938	0,52 (17,7)	0,0675 (12,9)	0,0627 (12,0)	—	0;0697 (13,4)

IV. *Echeveria secunda.* Eine mittelstarke Rosette (ohne Rhizom und Wurzeln).

		0 66	0,1865 (28,3)	0,0560 (8,5)	0,038 (5,7)	0,0538 (8,1)
			36,8 %		13,8 %	

V. 8 *Bryophyllum*-Blätter.

		3,4745	1,1115 (31,9)	0,1493 (4,3)	0,208 (6,0)	0,3561 (10,1)
			36,2 %		16,1 %	

*) Procente des Frischgewichts. **) Procente des Trockengewichts.

Rechnen wir rund 3/4 des Malats als Aepfelsäure, so zeigt sich, dass bei *Sempervivum* 22 % Aepfelsäure und nur 11 % Kohlehydrate, bei *Echeveria* 30 % und beziehungsweise 14 %, bei *Bryophyllum* 28 %, beziehungsweise 16 % vorhanden sind.

Eine unbefangene Betrachtung erkennt daraus sofort Folgendes: Erstlich, dass die Aepfelsäure hier einen auffallend grossen Antheil an dem Körpergewicht unserer Pflanzen hat, besonders wenn man die verhältnissmässig geringe Betheiligung der Kohlehydrate dagegen in Anschlag bringt, dass demnach in dieser Säure ein wichtiger Bestandtheil unserer Pflanzen vorliegt. Zweitens, dass der Masse nach die freie Säure hinter der gebundenen weit zurücksteht, dass demnach eine Betrachtung über die Bedeutung der Aepfelsäure im Leben unserer Gewächse zunächst und in erster Linie das Malat ins Auge zu fassen hat, und eine einseitige Betrachtung der freien Säure sicher neben das Ziel gehen muss.

Das waren Gesichtspunkte, die sich mir alsbald bei meinen Untersuchungen aufdrängten und geleitet von ihnen bin ich zu folgenden Hauptresultaten gekommen:

Das Malat verhält sich seinem ganzen Gehen und Vergehen nach wie ein Reservestoff.*) Es sammelt sich während der vegetativen Erstarkung der Pflanze und verbraucht sich während der reproductiven Processe. Die Fixirung der freien Aepfelsäure als Malat, seine Erzeugung und zeitweilige Anhäufung ist offenbar ein Hauptziel, welches die Pflanze bei der Bildung der Aepfelsäure verfolgt. Dieser Process der Bindung der freien Aepfelsäure an Kalk und Niederlegung in der Pflanze führt zu einer fortschreitenden Entsäurung des Saftes, aber er ist ein allmähliger, wie es scheint stetiger, nur der Analyse zugänglich, und von keinen auffallenden physiologischen Erscheinungen begleitet. Und bei dieser seiner Unscheinbarkeit hat sich dieser wichtige Vorgang bisher der Aufmerksamkeit der Forscher fast ganz entzogen.

Anders dagegen verhält es sich mit der Bildung der freien Säure selbst; sie wird aus den täglichen Assimilationsproducten (die, soweit ich sehe, bei den Crassulaceen keine andern, als die der gewöhnlichen Pflanzen sind) wesentlich allnächtlich durch Oxydation erzeugt. Schon dieser Process ist durch die von ihm hervorgerufene hohe Acidität des Nachtsaftes unserer Pflanzen sehr auffällig geworden. Noch mehr aber hat das weitere Schicksal, welches ein grosser Theil der freien Säure am Tage wieder erfährt, die Aufmerksamkeit auf sich gelenkt: die nächtlich besonders hervortretende Säure geht nämlich alltäglich zu einem grossen Theil wieder in Kohlehydrat zurück, ein Vorgang, der, wie er im Einzelnen auch verlaufen mag, mit Ausscheidung von

*) Ich sage zunächst Reserve-, nicht Baustoff und meine damit in reinem Wortsinn einen Stoff, der — seiner zukünftigen Verwendung unbeschadet — zunächst reservirt werden soll.

Gas verknüpft ist, und die rapide am Tage stattfindende Entsäurung wesentlich veranlasst. Diese auffallende Thatsache wechselnder Säuerung hatte nicht mit Unrecht in besonderem Grade Interesse erregt, freilich aber auch die Aufmerksamkeit der Forscher von einem der wesentlichsten Vorgänge abgelenkt.

Als einen solchen betrachte ich, wie gesagt, die Bildung von Kalkmalat als Reservestoff. Ein solcher Vorgang von Wiederoxydation der Kohlehydrate zum Zwecke der Bildung eines Reservematerials steht allerdings bis jetzt in der Ernährungsphysiologie ganz einzig da. Wo die Assimilationsprodukte nicht einfach als Kohlehydrate (Stärke, Zucker, Jnulin) gespeichert werden, hat man bisher bloss den Vorgang einer weiteren Reduction (Fett- und Oelbildung) kennen gelernt. Unser Fall wird aber ohne Zweifel als eine eigenthümliche Anpassung an die Constitution und die Standortsverhältnisse unserer Gewächse aufgefasst werden dürfen.

Doch es wird darauf ankommen, den Leser im Folgenden von der Haltbarkeit meiner Anschauungen zu überzeugen.

Weiteres über den Antheil der Aepfelsäure am Aufbau des Pflanzenkörpers.

Bevor wir in die Einzelbetrachtung von Malat und freier Säure eintreten, wollen wir zunächst den Antheil derselben und ihr Verhältniss am Aufbau des Körpers unserer Pflanzen noch etwas näher bestimmen.

Die bereits Eingangs angeführten Analysen, die in n. 5 der folgenden Tabelle I noch einmal procentisch vorgeführt sind, dann die in der Tabelle aufgeführten Beispiele n. 1—4, sowie zahlreiche Belege, die sich in den späteren Betrachtungen finden, zeigen uns zunächst die absoluten Mengen von Malat und freier Aepfelsäure gegenüber der Gesammtmasse der Körpers. Man sieht, dass das Malat 25—40 ja 50 % und in einem Falle (vgl. spätere Tabellen) sogar über 60 % der Trockensubstanz betragen kann. — Die freie Aepfelsäure steht dagegen ausserordentlich zurück; dieselbe geht in der Regel nicht über ein Paar Procent (3—6 %), in einzelnen Fällen kann sie auch einmal einen höheren Antheil nehmen (5 c); niemals aber übersteigt ihr Theil den des Malats.

Aus der Tabelle 1 b tritt ferner hervor, in welchem Maasse ein cc Zellsaft unsere Körper enthält: das Malat ist gewöhlich centigrammweise, die freie Säure ungefähr in ebensoviel Milligrammen vorhanden. Es ist natürlich, dass diese Mengen einen sehr beträchtlichen Procentsatz vom Trockengewicht des Saftes darstellen.

Es gibt keinen schlagenderen Beleg dafür, wie sehr bisher der wahre Sachverhalt bei unsern Pflanzen unbekannt war, als manche Aeusserungen der Autoren über den Antheil der Säuren an der Zusammensetzung der Zellflüssigkeiten. So sagt z. B. de Vries (a. unten a. O. S. 109—110) der Saft enthalte „stets nur wenige Procente, vielleicht nie über 5 % Trockensubstanz, wovon dann noch nur ein kleiner Theil auf die Säure falle". Der erste Theil des Satzes, dass der Saft unserer Pflanzen, wie der anderer, nur wenige Procent Trockensubstanz enthalte, ist gewiss richtig. Ich führe zum Belege nur ein Beispiel an. *Bryophyllum*-Blattsaft enthält (Juli) Tags 3,52, Nachts 5,07 % Trockenmasse. Allein davon entfielen nicht weniger als 77,6 % auf das Malat.

In einem andern Falle fand ich bei derselben Pflanze in 20 cc Saft:

	Trockensubstanz	Malat	freie Aepfelsäure
Tags	0,734	0,382 = 52 %	0,054 = 7,3 %
Nachts	0,863	0,383 = 44 %	0,117 = 13,5 %

A. Mayer dagegen (z. B. I*), 440) hat zwar die grosse Menge des Malats wohl gekannt, demselben aber bei seinen Arbeiten keinen Werth beigelegt.

Betrachten wir endlich noch ein Paar Zahlen, welche das procentische Verhältniss der freien und gebundenen Säure zu einander darlegen (Tabelle I c), so zeigt sich, dass z. B. von der Gesammtsäure die gebundene 70—95 %, die freie 5—30 % betragen kann. Man beachte aber gleich hier, dass, wie aus Beispiel n. 16 hervorgeht, der Antheil der freien Säure bei Tag und Nacht ein überaus ungleicher ist. Innerhalb kurzer Zeiträume stellt das Malat offenbar das Stabile, die freie Säure die labile Form unserer Körper dar; und man mag vergleichsweise beim Malat ebenso an die stabilere Stärke, wie bei der freien Säure an den beweglicheren Zucker unter den Kohlehydraten denken.

Ein Körper, der in solcher Menge an dem Aufbau der Pflanze Antheil nimmt, beansprucht allein schon durch seine Quantität eine hohe Bedeutung für das Leben der Gewächse. Man beachte aber den weiteren Umstand, dass unsere Säure und ihr Salz in löslicher, also zur Bewegung geschickten Form auftreten. Dadurch wird ein Vergleich mit andern, zwar auch in Menge, aber in fixer Form vorhandenen Stoffen, wie z. B. das Kalkoxalat ist, von vornherein verboten.

Auf die specifische Bedeutung unserer Körper aber weisen zwei Umstände hin: einmal treten die Kohlehydrate, Zucker und Stärke, die doch sonst in Reservestoffbehältern, als welche man wohl die Rosetten ansehen kann, in ansehnlicher

*) Die Arbeiten Ad. Mayer's sind mit chronologischen Nummern versehen. Das Nähere vgl. unter „Literatur".

Quantität vorhanden sind, auffallend zurück; andrerseits nehmen unsere Stoffe bei unsern Pflanzen quantitativ einen Rang in Anspruch, wie ihn bei ähnlichen Organen die Kohlehydrate besitzen. Als ähnliche Organe können beispielsweise Zwiebeln und Blattrosetten bildende Pflanzen überhaupt angesehen werden. Man vergleiche z. B. die Analysen, welche von solchen Gewächsen bei König „Die menschlichen Nahrungs- und Genussmittel“ 2. Aufl. Bd. II S. 451, 455 oder 457 zusammengestellt sind. —

Endlich will ich noch auf ein Paar Sätze hinweisen, die sich zum Theil schon aus Tabelle I, zum Theil erst aus den später anzuführenden Analysen ableiten lassen:

1. Am meisten prävalirt das Malat, der freien Säure gegenüber, in den Rosettenblättern; es beträgt das Malat im Trockengewicht das 5—10 fache (Tab. I n. 1—5), im Saft das 7—30 fache (Tab. I n. 6—12).

2. In Rhizomen und Wurzeln können bei unsern Pflanzen Malat und freie Säure einander an Gewicht gleich sein.

3. In den Blüthen kann, wie wir später sehen werden, die freie Säure überaus vorwiegen.

4. In jungen Organen tritt ganz gewöhnlich die freie Säure viel stärker hervor, als in älteren.

I. Das Malat.

1. Vermehrung von Malat und freier Säure beim Heranwachsen der Pflanze.

Indem wir den Veränderungen nachgehen, welche Säure und Salz im Lebenslaufe der Pflanze durchmachen, wollen wir uns zunächst den Aenderungen zuwenden, welche beim Heranwachsen einer kleinen Pflanze zu einer grossen blühbaren statthaben. Darüber geben folgende Analysen Aufschluss:

1. Eine Rosette von *Sempervivum Funkii*, welche aus den Achseln der erwachsenen untern Blättern sehr zahlreiche, gestielte, kleine Brutknospen getrieben hat (30. April), im Frischgewicht von 2,871 gr und eine gleiche Gewichtsmenge Brutknospen ohne Stiele (89 Stück), mit Wasser fein zerrieben und kochend extrahirt, zum Vergleich des Malats und der freien Säure. Sie enthalten:

	Rosette	Brutknospen
Kalkmalat	0,0715 (2,4 %)	0,043 (1,5 %)
Freie Säure	0,0086 (0,3 %)	0,0108 (0,3 %)

Daraus berechnet sich das Frischgewicht einer Brutknospe zu 0,032 und ihr Gehalt an Malat auf ungefähr 1/2 Milligramm (0,00049), an freier Säure auf 1/10 Milligramm. Es vermehrt sich demnach beim Heranwachsen einer Brutknospe zur endgültigen Rosette das Malat um das 142fache, die freie Säure um das 86fache. Procentisch ist zwar das Malat, nicht aber die freie Aepfelsäure wesentlich vermehrt.

2. Eine grosse blühbare Rosette von *Sempervivum californicum* wiegt (Mai) frisch 90,861 gr; 3 kleine überwinterte im laufenden Jahr zum Erstarken bestimmte, zusammen 13,788 also eine im Mittel 4,596. — Analyse nach Art der vorigen ausgeführt. Sie enthalten:

	die blühbare	eine wachsende Rosette
Kalkmalat	1,8725 (2,0 %)	0,1466 (3,2 %)
Freie Säure	0,501 (0,5 %)	0,011 (0,2 %)

Es hat sich demnach in der ausgewachsenen Rosette gegenüber der halbwüchsigen das Malat mehr als 12fach, die freie Säure etwa 50fach vermehrt.

Procentisch hat in diesem Falle das Malat ab-, die freie Säure zugenommen.

3. *Sempervivum Braunii.* Eine grosse blühbare Rosette (Mai), aber noch ohne Blüthenanlage und Ausläufer, und 5 Ausläufer-Brutknospen einer andern Rosette, deren fadenförmiger Träger etwa 1 dc lang und deren Körper aus 1/2—1 Dutzend kleiner Blättchen besteht.

Die Analyse wird an dem getrockneten, heiss erschöpften Material ausgeführt:

	der Rosette	einer Brutknospe
Trockengewicht	0,3065	0,0498
Kalkmalat	0,104 (34,0 %)	0,0077 (15,3 %)
Freie Säure	0,0347 (11,3 %)	0,0027 (5,4 %)

Es würde sich demnach beim Heranwachsen einer Brutknospe zur fertigen Rosette das Trockengewicht um mehr als das 6fache, das Malat um mehr als das 13fache, die freie Aepfelsäure um nicht ganz ebensoviel absolut vermehren.

Selbst procentisch hat sich Malat und freie Säure mehr als verdoppelt.

4. Diesjährige Brutknospen von *Sempervirum Funkii* (im Mai) in 2 Grössen:
a) schwach erbsengrosse, an fadenförmigen Trägern an der Mutterrosette hängend;
b) ungefähr kirschgrosse, gleichfalls noch verbunden: Es enthalten:

	Frischgewicht	Trockensubstanz	Malat	freie Säure
100 Stück kleine	3,455	0,329	0,056 (17,0 %)	0,0215 (6,4 %)
10 Stück grössere	3,505	0,228	0,06 (26,3 %)	0,0165 (4,9 %)

Beim Heranwachsen einer Brutknospe hat sich, wie man sieht, die Trockensubstanz etwa 7fach, das Malat 10fach, die freie Säure etwa 8fach absolut vermehrt; ersteres auch procentisch bedeutend zu-, letztere dagegen abgenommen.

5. *Sempervivum Funkii.* Jüngere, halbwüchsige, 2,5—3,5 cm lang und etwa 1,5 cm breit; und ältere ausgewachsene Blätter 6 cm lang und 2—2,5 cm breit. 12 Stück enthalten (7. Mai):

	Trockensubstanz	Malat	freie Säure
halbwüchsig	0,4075	0,109 (26,8 %)	0,024 (6,0 %)
erwachsen	1,5615	0,495 (31,5 %)	0,074 (5,0 %)

Also Trockensubstanz und Malat vervierfachen sich etwa, die freie Säure verdreifacht sich beim Auswachsen halbfertiger Blätter; das Malat hat procentisch noch um 5 % zugenommen. —

Aus den vorstehenden 5 Analysen geht klar hervor, dass sich die Aepfelsäure beim Heranwachsen der Pflanze absolut vermehrt, und zwar vermehrt sich das Malat der Regel nach viel stärker als die freie Säure; es bildet offenbar die Aufspeicherungsform für die Aepfelsäure.

An sich kann aber diese Vermehrung und Aufspeicherung der Aepfelsäure als Malat noch nicht für eine höhere Bedeutung des Stoffes im Lebenshaushalt in Anspruch genommen werden. Denn es ist klar, dass auch reine Auswurfsstoffe im Verlaufe der Vegetationsprocesse sich mehren können, das Kalkoxalat bildet dafür das bekannte schlagende Beispiel. Freilich das Kalkoxalat ist in fester und unbeweglicher Form ausgeschieden; unser Stoff hat — wie ich schon oben betonte — bewegliche, gelöste Form. Das weist sehr eindringlich auf eine andere Bedeutung desselben hin.

Unter Berücksichtigung dieses letztern Gedankens erhalten die folgenden Versuche Bedeutung. Ich habe nämlich verglichen, wie sich die Säure bei Pflanzen verhält, die Neubildungen machen; bei Brutpflanzen bildenden *Sempervivum*-Arten und bei *Bryophyllen*, wenn isolirte Blätter die bekannten randbürtigen Pflänzchen erzeugen. Von einer nicht weiter bestimmten, gewöhnlichen *Sempervivum*-Art werden im Mai, als eben die Ausläufer-Brutknospen gebildet werden, gleichgebildete und gleichschwere Rosetten, je 2 solche, welche ohne Ausläufer sind, und solche, die sehr zahlreiche aber noch ganz kleine Ausläufer gebildet haben, jedoch mit Entfernung dieser, analysirt. Frisch zerrieben, längere Zeit digerirt.

1. Versuch. 2 Rosetten je 13,9 gr wiegend:

	Rosetten ohne	Rosetten mit Ausläufern
Malat	0,234 (1,7 %)	0,283 (2,0 %)
Freie Aepfelsäure	0,0428 (0,3 %)	0,0875 (0,6 %)

2. Versuch. 2 Rosetten wiegen frisch je 18,012 gr.

	Rosetten ohne	Rosetten mit Ausläufern
Malat	0,2785	0,3745
Freie Säure	0,044	0,080

3. Versuch. Frischgewicht der 2 Rosetten je 15,269 gr.

Malat	0,3475	0,416
Freie Säure	0,049	0,060

4. Versuch. Frischgewicht der 2 Rosetten je 10,673 gr.

Malat	0,1925 (1,9 %)	0,247 (2,4 %)
Freie Säure	0,044 (0,4 %)	0,096 (0,9 %)

Aus den vorstehenden Versuchen geht gleichsinnig hervor, dass die Rosetten, welche junge Brutknospen erzeugen, einen ansehnlich höheren Gehalt an Malat und freier Aepfelsäure besitzen. Da der Gehalt an Säure und ihrem Salze nicht bloss procentisch, sondern absolut höher ist, so ist die Annahme ausgeschlossen, dass diese Stoffe bloss scheinbar, ev. z. B. der Abnahme der Kohlehydrate wegen, höher veranlagt seien. Ich glaube vielmehr der Ansicht zuneigen zu müssen, dass eben der höhere Gehalt an Aepfelsäure und Malat die Vorbedingung für Erzeugung von Brutpflänzchen ist.

Am 13. Mai wurden 8 Paare tadelloser, ausgewachsener aber einfacher *Bryophyllum*-Blätter von Warmhauspflanzen entnommen, die eine Hälfte derselben zur Controlle sofort analysirt, die andern Blattpaarhälften im Vermehrungshaus auf reinen, feuchtwarmen Kies niedergelegt. Sie bildeten, etwas gelblich werdend, in dem gedämpften Lichte des Hauses bis zum 13. Juni ungefähr 50 Pflänzchen; die Pflänzchen waren auf die verschiedenen Blätter ungleich vertheilt; einzelne Blätter hatten nur 1—2, zwei fast an jedem Kerbzahn Junge gebildet. Die kleinsten derselben hatten wenigstens 4 Blättchen; die grössten waren 4 cm hoch und hatten 4 Blätter von 5—6 cm Länge, und ein unausgewachsenes Blattpaar; von den zahlreichen Würzelchen wurden nur die Hauptstränge genommen. Es werden Blätter und ansitzende Pflänzchen gesondert analysirt:

Analysen-Tabelle.

	Trockensubst.	Malat	freie Säure	Zucker	Stärke
die 8 Controllblätter	3,4745	1,1115 (31,9)	0,148	0,416	0,356
Versuchsblätter	4,759	1,243 (26,5)	0,104	0,428	0,616
Pflänzchen	1,35	0,278 (20,6)	0,016	0,043	0,232
Summe aus den Versuchspfl.:	6,109	1,521	0,120	0,471	0,848

Es ergibt sich aus der Tabelle sofort:

1. dass die niedergelegten, brutbildenden Blätter an allen in's Auge gefassten

Stoffen, an Zucker, Stärke, ebensosehr aber auch an Malat (nicht freier Aepfelsäure) reicher sind, nach der Bildung der Brutpflänzchen, als vor Bildung derselben.

2. Da man annehmen darf, dass die Blätter vor dem Niederlegen stofflich völlig oder doch nahezu gleich waren, so bleibt nur der Schluss möglich, dass diese Stoffe bei und wohl auch wegen der Brutknospenbildung erzeugt worden sind.

Aehnlich ist im Wesentlichen ein zweiter Vegetationsversuch mit 8 *Bryophyllum*-Blattpaaren, vom 3.—16. Februar analog ausgeführt, ausgefallen.

Die Blätter wurden in diesem Falle, möglichst sorgfältig, auf Saft verarbeitet.

Analysen-Tabelle.

	darin Saftmenge:	Malat	freie Säure	Stärke (im Rückstand)	Spec. Gew. des Saftes
Controllpflanze	46 cc	0,666	0,119	0,942	1,0185
Versuchspflanze (Blätter allein)	55 cc	0,790	0,165	0,832	1,0169

Die Pflänzchen — 43 Stück — enthielten:

Gesammtäpfelsäure (frei und gebunden)	0,008
Gesammtzucker	0,020

Hier hat nicht bloss das Malat, sondern auch die freie Säure zu- die Stärke aber etwas abgenommen.

Ob die Samen der Crassulaceen, Aepfelsäure oder Kalkmalat enthalten — diese Frage möchte ich nicht mit Sicherheit entscheiden; ich weiss bloss, dass man in den kalt oder heiss hergestellten Samenauszügen, sowohl mit Weingeist, als auch nachträglich mit Bleiessig Niederschläge bekommt, ähnlich denen, welche man im Safte erwachsener Pflanzen macht; doch möchte ich bei der Geringfügigkeit derselben ein bestimmtes Urtheil über sie, zumal über den Bleiniederschlag (der Alcoholniederschlag hatte ganz das Aussehen gefällten Malats, war in Wasser wieder löslich und mit Alcohol wieder fällbar) nicht abgeben. Z. B. reine Samen von *Sempervivum Mettenianum* im Trockengewicht von 1,061 ergaben Weingeistniederschlag des wässerigen Extracts 0,0365 d. h. 3,4 %; Bleiniederschlag als Aepfelsäure berechnet 0,0036 = 0,3 %.

Aus 1,108 gr Samen von *Sempervivum Camollei* ergab der Gesammtbleiniederschlag als Aepfelsäure berechnet 0,052 d. i. 4,7 %; in einer zweiten Bestimmung von 0,617 Gewicht 0,021 d. h. 3,5 %. — Kalkgehalt der Samen vgl. Tab. II. Schluss.

2. Quantitative Veränderungen des Malats im normalen Lebenslauf.

Der durchschlagende Beweis für den Werth eines Stoffes wird offenbar erst durch seine factische Verwendung im Stoffwechsel der Pflanze geliefert und ganz

besonders ist ein solcher Nachweis von Bedeutung für Stoffe, welche sich im Laufe der Vegetationsprocesse anhäufen.

Es lässt sich nun thatsächlich zeigen, dass die im Laufe der vegetativen Periode angehäuften Aepfelsäure und Malat beim Blühen und Fruchten unserer Pflanzen völlig aufgebraucht werden und zwar ganz so, wie bei andern Pflanzen Kohlehydrate, Stärke und Zucker, verschwinden.

Aus der Tabelle II ist folgendes ersichtlich:

1. Wenn eine Rosette sich zum Blühen anschickt, d. h. verlängerte Achsen und Blüthen entwickelt, so werden die Blätter der Rosette nach und nach, die untersten zuerst, ausgesogen; sie werden gelblich, fallen zusammen und erscheinen schliesslich spreuartig trocken. Offenbar wird ihr Inhalt, Flüssiges und Festes, fortgeschafft. Die Versuchsnummern 1—7 zeigen, wie sich unsere Stoffe dabei verhalten: sie verschwinden (n. 1, 3, 6, 7). Das Verschwinden des Malats und der freien Säure geschieht allmählich (n. 4, 5, 14, 15).

2. Es lässt sich nachweisen, dass dieses Schwinden unserer Stoffe nicht etwa aus einem nutzlosen Verderben und Zugrundegehen resultirt, sondern dass dieselben normaler Weise weiter geleitet werden:

a) Zunächst zeigt uns n. 16, dass Blätter, welche abnormer Weise zu Grunde gehen, ihr Malat nur zum geringsten Theile einbüssen, vielmehr zum grossen Theile behalten; schon das spricht dafür, dass das Schwinden der Stoffe mit einem Lebenszwecke zusammenhänge.

b) Unter bestimmten Verhältnissen lässt sich eine wirkliche Leitung desMalats, wohl als solchen, nachweisen. Aus den Versuchen 17—19 ergibt sich zweifellos, dass in isolirten Rosetten beim Absterben und Aussaugen zahlreicher Blätter die Gesammtmenge des Malats der Pflanze erhalten bleibt.

c) Dass die freie Säure aus den Blättern in die Stengel geleitet wird, ergibt sich aus Dunkelversuchen mit *Bryophyllum*, die weiter unten zur Darstellung kommen. Es lässt sich nämlich zeigen, dass beblätterte *Bryophyllen*, längere Zeit im Dunkel gehalten, in den Blättern Abnahme der freien Säure, in den Stengeln Zunahme derselben zeigen, während blattlose Stengel unter gleichen Verhältnissen, Säure einbüssen; Thatsachen, die doch wohl so gedeutet werden können, dass die Aepfelsäure einer Fortleitung fähig ist.

d) Endlich kann ich nachweisen, dass aus den Blättern beim Aufbrauch ihrer Stoffe nicht bloss das Malat, resp. die Aepfelsäure des Malats, sondern der Kalk desselben verschwunden d. h. also fortgeleitet ist.

Bestimmt man nämlich aus der gleichen Anzahl frischer und völlig ausgesogener Blätter die Menge des vorhandenen Kalks*), wie es in den Versuchen n. 20 der Tabelle II geschehen ist, so zeigt sich: 1) dass die ausgesogenen Blätter nur noch etwa 1/10 des Kalkes frischer Blätter enthalten. Folgte aus den früheren Analysen, dass der Kalk jedenfalls nicht mehr als Malat vorhanden war, so zeigt dieser Versuch, dass er jedenfalls zum grössern Theil überhaupt nicht mehr vorhanden ist. 2) zieht man den Kalk abgestorbener Blätter von dem der lebenden ab, und berechnet den Kalkrest auf Kalkmalat, so wird auf diese Weise die für Normalblätter geforderte Malatmenge nicht allein gedeckt; es ergibt sich sogar, wie es scheint, ein Ueberschuss daran; daraus folgt, dass jedenfalls das Malat bis zum letzten Molecül ausgewandert sein kann; es darf aber auch gefolgert werden — was ja an sich schon wahrscheinlich ist — dass in den frischen Blättern Kalk noch in anderer Form, denn als Malat, vorhanden ist.

3. Verhalten des Malats bei experimentellen Eingriffen.

Neben den quantitativen Veränderungen, welche das Malat im normalen Lebenslauf erfährt, konnten für die Erfassung seiner physiologischen Rolle auch Dunkelversuche massgebend werden. Wir wissen, dass die Kohlehydrate beim Wachsthum im Finstern mehr und mehr vernutzt werden, und dies ihr Verhalten ist bekanntlich bei den Untersuchungen über ihre Herkunft, wie über ihre Bedeutung für den Pflanzenhaushalt ausschlaggebend geworden.

Die in nachstehender Tabelle III beschriebenen Dunkelversuche mit Crassulaceen haben auch für das Malat und die Aepfelsäure Resultate ergeben, die deutlich sprechen:

In der mit a bezeichneten Versuchsreihe, wo mit genau gleichem Materiale unter Entnahme einer Controlle zum Beginne des Versuchs operirt wurde, ergibt sich:

1. Im Verhältniss zur Controllpflanze hat, im Gleichlaut mit bekannten Versuchen, beim Wachsthum im Licht eine sehr wesentliche Vermehrung der Trockensubstanz, sowie eine Zunahme von Stärke und Zucker stattgefunden, während im Dunkel und beim Etioliren die Trockensubstanz beträchtlich abgenommen hat, Stärke und Zucker fast spurlos verschwunden sind.

2. Ganz dasselbe Verhalten wie die Kohlehydrate zeigen aber auch Malat und freie Säure.

---

*) Die Bestimmung des Kalks geschah als CaO in der vorgeschriebenen Weise.

In den Versuchen b fehlen die Anfangscontrollen; Dunkel- und Lichtpflanzen waren nach Blattzahl nur ungefähr gleich; nach Beendigung des Versuchs wurden von den Licht- und Dunkelpflanzen gleiche Mengen genommen. In den n. 1 und 2, wo die Trockengewichte gleicher Anzahl Blätter ungefähr übereinkommen, zeigt sich eine entschiedene Abnahme des Malats im Dunkel, dagegen eine geringe Zunahme der Kohlehydrate.

Die Versuche b 3 und 4 zeigen, dass auf gleiche Trockensubstanz, die Versuche in C, dass auf gleiche Saftmenge bezogen in etiolirten Theilen geringere Malatmengen vorhanden sind.

Zusammenfassung über das Malat.

1. Das Malat findet sich in allen ernährungsphysiologisch werthvollen Theilen der Pflanze (Blätter, Stämme, selbst Blüthentheile) in so überaus grosser Menge, wie sie nur Stoffen entspricht, welche durch ihre Masse selbst für die Pflanze Werth haben, insonderheit denjenigen, welche man als Reservestoffe bezeichnet. Es findet sich auch in gelöster, also in zur Veränderung und Bewegung geschickter Form.

2. Das Malat vermehrt sich, so lange die Pflanze heranwächst und erstarkt, ganz wie es die als Reservestoffe fungirenden Kohlehydrate thun.

3. Was noch wichtiger ist — bei allen Vorgängen, wo sonst Reservestoffe verbraucht werden, wird das Malat in analoger Weise Schritt für Schritt verbraucht.

4. Es lässt sich auch mit Sicherheit feststellen, dass das Malat aus den als Reservestoffbehältern fungirenden Blättern auswandert — und zwar die Aepfelsäure wie der Kalk.

5. In einzelnen Fällen tritt nicht undeutlich hervor, dass beim Verschwinden freier Säure das Malat (darüber im II. Abschnitt) oder beim Schwinden von Malat die Kohlehydrate eine Vermehrung erfahren — Verhältnisse, welche ohne Zwang auf gegenseitige Metamorphose gedeutet werden können.

6. Eine sehr wirksame Stütze erhält endlich die Auffassung des Malats als eines Reservestoffs durch die Thatsache, dass die sonst gewöhnlich als Reservestoffe fungirenden Kohlehydrate bei unsern Pflanzen in verhältnissmässig geringer Menge vorhanden sind.

Wollte man unter diesen Verhältnissen dem Malat nicht eine bedeutungsvolle Rolle am Aufbau unserer Pflanzen zukommen lassen, so bliebe nur übrig anzunehmen, dass bei den Crassulaceen ein Dritttheil, ja die Hälfte mühsam angesammelter

Körpersubstanz wieder spurlos vernichtet werde, eine Annahme, die mir in unserm Falle geradezu widersinnig erschiene.

Die Richtung, nach welcher die Verwendung des Malats stattfindet, scheint aus den vorliegenden Daten auch zweifellos angedeutet. Es ist nach den vorliegenden (n. 5), sowie nach später anzuführenden Erfahrungen nicht gut anders denklich, als dass das Malat, ähnlich wie es die freie Säure im Lichte täglich thut, nach Bedürfniss in Kohlehydrat zurückverwandelt und nach Maassgabe dieses verbraucht wird. Ueber die chemische Zulässigkeit der Annahme einer Verwandlung von Aepfelsäure in Kohlehydrat (oder umgekehrt) kann kein Zweifel bestehen. Diese Möglichkeit ist von Ad. Mayer (II, 314 ff. u. s. w.) genügend theorisch erörtert worden; für eine weitere Behandlung oder Stützung derselben, als sie in Obigem klar gegeben, liegt mir kein Erfahrungsmaterial vor.

Tabelle I.

Antheil des Malats und der freien Säure am Körpergewicht.

a) Am Gesammttrockengewicht.

1. *Echeveria secunda.* Ganze Rosette mit 52 Blättern. 13. Mai.

Trockengew.	Malat	freie Aepfelsäure
1,575	0,383 (25,0)	0,088 (5,6)

2. *Sempervivum Requieni.* 47 blättrige Rosette. 13. Juni.

2,702	1,102 (40,8)	0,136 (5,0)

3. *Sempervivum hispidulum.* Rosette von 37 Blättern. 22. Mai.

0,951	0,403 (42,4)	0,0248 (2,6)

4. *Sempervivum Funkii.* Mittel aus 2 Rosetten.

0,4735	0,1610 (34,2)	0,0142 (3,0)

5. Die 3 bereits eingangs angeführten *Semperviven.* Procentisch.

		Malat	freie Aepfelsäure
a) *californicum.*	Blätter	25,9	3,2
	Rhizom	16,8	4,8
b) *Funkii.*	Blätter	34,4	5,5
	Rhizom	7,2	6,6
c) *blandum.*	Blätter	39,8	6,6
	Rhizom	12,9	12,0

b) Am Trockengewicht des Saftes.

6. *Echeveria secunda.* 6. Dezember, Nachmittags 3 Uhr.

	Trockensubstanz	Malat	freie Aepfelsäure
30 cc Saft enthalten	1,087	0,876 (80,6 %)	0,0635 (5,9 %)
		Verhältniss 14 : 1	

7. Blätter von *Bryophyllum.* 3. Februar früh.

1 cc Saft enthält	0,0143	0,0025
	Verhältniss 7 : 1	

8. *Sedum altissimum.* Blätter. Juli.

25 cc Saft enthalten	0.542	0.0718
also 1 cc	0,021	0,0029
	Verhältniss 7,3 : 1	

9. Blühende Stengel von *Sempervivum Pittoni.*

8,5 cc Saft enthalten	0.263	0,0080
also p. cc Saft	0.031	0.001
	Verhältniss 31 : 1	

10. *Aeonium Humboldti.* 6. Dezember.

20 cc Saft enthalten	0,465	0.0247
also 1 cc	0,023	0,001
	Verhältniss 23 : 1	

11. Gehalt an Malat und freier Säure in 10 cc Saft.

Echeveria secunda. 30. Nov.

	Malat	freie Aepfelsäure
Tags	0,21	0,019
Nachts	0,22	0,025

Sempervivum tectorum. Mai.

Tags	0,19	0,010
Nachts	0,20	0,023

12. *Sempervivum Camollei.* October. 15 cc Saft enthalten

Rosette	0.474	0.0395	12 : 1
Blüthen	0.524	0,103	5 : 1
demnach 1 cc Saft in der Rosette	0.0316	0,0026	
Blüthen	0.035	0,007	

c) Verhätniss gebundener und freier Säure.

13. Aus dem Beispiel n. 10: *Aeonium Humboldti* ergibt sich in 20 cc Saft

Aepfelsäure überhaupt	0,2907
davon ist frei	0,0228 = 7,8 %
demnach an Kalk gebunden	0,2679 d. h. 92,2 %

14. Aus dem gleichen Versuch mit *Bryophyllum* wie oben n. 7 ergibt sich in 10 cc

Säure überhaupt	0,1239	
davon ist freie Säure	0,0259	= 20,9 %
also gebunden	0,098	= 79,1 %

15. An einem andern *Bryophyllum* fand ich in 10 cc (Februar).

Säure überhaupt	0,629	
davon frei	0,027	= 4,3 %
also gebunden	0,602	= 95,7 %

In einem gleichen Beispiel 91,2 : 8,8.

16. *Bryophyllum.* Blätter 1. März. Zeigen von der Gesammtsäure

	gebunden	frei
Tags	95,0	5,0
Nachts	70,5	29,5

Tabelle II.

Das Malat während der Lebensprocesse.

1. *Sempervivum Funkii.* October. Vergleich einer herbstlichen, zum Ueberwintern und nächstjährigen Blühen bestimmten Rosette mit einer verblühten und natürlich vertrockneten. Gleiche Gewichtsmengen (0,9925) ursprünglich frischer und herbstlich trockner, ausgesogener Blätter.

	frische Rosette	verblühte, abgestorbene
Malat	0,1405	0
Freie Säure	0,0916	0

2. Fast völlig abgestorbene Blüthenstengel von *Sempervivum Camollei* (October) und zum Vergleich eine (bei 100° getrocknet) gleichwiegende, frische Rosette der Pflanze. Trockengewicht 3,5 gr.

	Malat	freie Säure
Trockene Stengel	0,0335	.
Trockene Blüthen	0,0725	.
Frische Rosette	1,2775	0,0699

3. *Echeveria secunda.* Völlig ausgesogene, spreuartig trockne Blätter an der Basis blühbarer kräftiger Rosetten.

20 Blätter, heiss extrahirt, ergeben keine Spur Malat.

12 Blätter einer andern Pflanze (0,1605 bei 100° wiegend) desgl.

4. *Sempervivum Funkii.* 6. Mai. Je 7 Blätter — frische, spreuartig trockne und halbentleerte, gelblich und zusammenfallend aussehende.

	Trockengewicht	Malat	Abnahme um %
7 frische Blätter	1.0385	0.1635	
7 halb ausgesogene Blätter	0.239	0.0265	84 %
7 todte Blätter	0.1905	Spuren	

5. *Echeveria gibbiflora.* An starken, oben blühenden Exemplaren, sitzen unten neben ganz vertrockneten, auch halb ausgesogene Blätter d. h. solche, deren obere Hälfte bereits spreuartig trocken ist, während die Basis gelblich und noch saftig erscheint.

In der oberen ausgesogenen Hälfte von 6 Blättern ist Malat = 0
In der untern Hälfte 0,162

6. 5 völlig ausgesogene, natürlich vertrocknete Blätter von *Crassula ciliata* enthalten kochend extrahirt keine Spur Malat.

7. *Crassula lactea.* Vertrocknete Blätter. — Dasselbe Resultat.

---

8. *Sempervivum Camollei.* 16. October. Analysirt werden 1. eine einfache Rosette, 2. von einem blühenden Exemplare a) alle noch grünen (Stengel-)Blätter, b) alle Achsentheile (Blüthenstand), c) Blüthen im Knospen-, Blüthen- und halbverblüthen Zustand. — Saft.

	Spec. Gewicht	Malat in 15 cc	freie Säure in 15 cc	Acidid. von 1 cc
Rosette	1.0260	0.4745	0.0395	4.5
Blätter des Blüthenstengels	1.0255	0.4655	0.0436	3.6
Blüthenstengel	.	.	.	2.4
Blüthen u. s. w.	1.0295	0,5245	0,1030	5.0

9. *Sempervivum Camollei.* October. Analysirt werden bei gleicher Trockengewichtsmenge von 0,9 — im wässerigen Auszug auf Gesammtsäure:

	Gesammtsäure
a) grüne Blätter einer Rosette	0.40
b) noch grüne Blüthenstengel	0.208
c) verblühte, aber noch grüne Blüthen	0.140
d) offene Blüthen	0,228
e) herbstliche, nicht ganz trockenen Blätter der Blüthenstengel	0,016

10. *Sedum maximum.* 24. October. Saft aus dem noch grünen Stengel, den etwas gelblichen Blättern und offenen Blüthen. 10 cc enthalten Gesammtsäure:

	Bleiniederschlag	daraus Säure
Stengel	0,0965	0,038
Blüthen	0,2195	0,082
Blätter	0,360	0,140

11. *Sempervivum sp.* 6. Mai. Analysirt werden a) eine vegetative Rosette, z. Z. unfruchtbar, b) von 2 Rosetten, welche ca. 1 dc lange Stengel und daran (zusammen) 70—80 Blätter, an der Spitze kurzknäulige Blüthenstände noch völlig unentwickelt haben; die einzelnen Theile dieser und c) 5 Ausläufer (anderer Rosetten), die fadenförmig 1 dc lang und mit ½—1 Dutzend kleinen Blättchen besetzt sind.

	Trockengewicht	Malat	freie Säure
1. Rosette	0.3065	0,104 (34,0)	0,0347 (11,3)
2. blühende Exemplare:			
a) Rhizom	0.352	0	0,024 (6,9)
b) völlig ausgesogene Bl.	0,164	0	0
c) beblätterter Stengel	1.415	0.482 (34,4)	0,0884 (6,3)
d) die kugeligen Blüthenstände	0.062	Spur	0,0132 (21,3)
3. 5 Ausläufer	0,249	0,0385 (15,3)	0,0134 (5,4)

12. *Sempervivum Braunii.* Ganze Blüthen-Exemplare (ohne die Wurzeln) in 3 verschiedenen Entwicklungsstadien:

I. Blüthenexemplar nur mit Knospen. Rosette aus 49 frischen und ein Paar trocknen Blättern bestehend, am 6 cm langen Stengel 6 Blättchen, 12—15 halbentwickelte Blüthen.

II. Exemplar mit 1 offenen Blüthe. Rosette aus 16 frischen und 25 ausgesogenen Blättern bestehend; Blüthenstengel 11 cm lang, mit 13 Blättchen, und oben 3 Wickelästen zu 12—15 Knospen.

III. Verblühtes Exemplar, nur die letzte Blüthe noch offen. Alle Rosettenblätter ausgesogen (ca. 70), Stengel 9 cm lang, mit 11 halbausgesogenen Blättern und 7 Winkelästen.

	Trockengewicht	Malat	freie Säure	Zucker	Stärke
I.	1,367	0,393 (28,7)	0,0707 (5,1)	0,060 (3,6)	0,110 (7,9)
II.	0.813	0.146 (17.8)	0.0450 (5,5)	0,039 (4,9)	0.074 (9,2)
III.	1.381	0,221 (16,0)	0,0679 (4,9)	0,045 (2,9)	0,100 (7,1)

13. *Sempervivum hispidulum.* 22. Mai. Fertile Rosetten in verschiedenen unentwickelten Blüthenknospenzuständen.

I. Die Rosette besitzt ausser 20 ausgesogenen Blättern an der Basis, 95 wohlgebildete grüne Blätter und innerhalb dieser, an einem etwa 3 cm langen Stengel, einen ganz unenwickelten Blüthenstand. — Analysirt werden die grünen Blätter; sie entsprechen im Folgenden den Rosetten- und Stengelblättern.

II. Die Rosette mit ca. 70 ausgesogenen, 27 halbausgesogenen und 37 grünen Blättern trägt in der Mitte einen 9,5 cm langen Stengel, an dem 39 Blättchen und oben bis erbsengrosse Blüthenknospen sich befinden.

Analysirt werden: 1. 37 grüne ⎫
2. 27 halbausgesogene ⎬ Rosettenblätter.
3. 30 ausgesogene ⎭
4. 39 Stengelblätter.
5. Der Stengel.
6. Die Blüthenknospen.

III. Eine Rosette mit 33 frischen, 13 halbausgesogenen und 240 ausgesogenen Blättern (von denen nur 100 genommen werden), Blüthenstengel 8 cm lang mit 50 Blättern (untere grösste 5 cm, obere kleinste 3 cm lang) und Blüthenknospen.

Analyse.

		Trockengew.	Malat	Säure	Zucker	Stärke
I.		1,921	0,888 (46.2)	0,0770 (4,1)	0.0543 (2.9)	
II.	37 grüne Bl.	1,078	0,5535 (51,3)	0,0209 (1.9)	0,0149 (1,4)	0,0473 (4,4)
	27 halbausges.	0,272	0,0375 (14,0)	0,0197 (7,3)	0	0
	30 ausgesogene	0,141	0,011 *)	0	0	0
	39 Stengelbl.	0,781	0,331 (42,3)	0,0220 (2,8)	0,0190 (2.4)	0,0342 (4,4)
	Stengel	0,251	0,0425 (16,9)	0,0104 (4,1)	—	0,0367 (14,6)
	Blüthenknospen	0,084	0,013 (15,5)	0.0067 (7,9)	0	0,0073 (8,7)
III.	Frische Blätter	0,951	0,403 (42.4)	0,0244 (9.5)	0.0326 (3,4)	0,0734 (7.7)
	halbausgesog.	0,1695	0,032 (18.8)	0,0197 (11.7)	0.0013 (0,9)	0.0032 (2,0)
	ausgesogene	0,0559	0,01 (1,8)	0	Spuren	0
	Stengelblätter	1,22	0,446 (36,6)	0,0474 (3.9)	0,0597 (4,9)	0,0522 (4,3)
	Stengel	0,388	0,055 (?) *)	0.0055 (1,4)	0.004	0,0408 (10,8)
	Blüthenknospen	0,113	0.0255 (22.6)	0.016 (14,1)	0,0024	0,0122 (11,1)

14. *Sempervivum Pittoni.* 17. Juli. Je 10 Stengelblätter eines sehr kräftigen blühenden Exemplars, in verschiedenen Stadien des Verbrauchs:

a) noch ganz frische, grüne;
b) solche, die an der Basis noch grün, im obern Drittheil welk, gelblich und etwas ausgesogen;
c) solche, die noch im untern Drittheil saftig, im obern Theil aber sehr stark ausgesogen (noch nicht trocken);
d) solche, die ganz aufgebraucht und trocken sind.

	Trockengew.	Malat	Zucker	Stärke
a) frische	0,721	0,407 (56,4)	0,0140 (1,9)	0,0110 (1,5)
b) 1/3 verbraucht	0,544	0,165 (30,3)	0,0131 (2,4)	0,0167 (3,1)
c) 2/3 „	0,321	0,0845 (26,3)	0.0081 (2,5)	0,0232 (7,3)
d) ganz „	0,326	0,026 (7,9)	0,0091 (2,7)	0

*) Der Niederschlag sah nicht rein aus und bestand wohl zum geringsten Theil aus Kalkmalat.

15. *Sempervivum blandum.* Je 20 Blätter des Blüthenstengels, in 3 verschiedenen Stadien:

a) noch völlig frisch;

b) untere Hälfte intact, obere gelblich, stark ausgesogen;

c) der ganzen Fläche nach ausgesogen, aber noch saftig, nicht trocken.

	Trockengew.	Malat	Zucker	Stärke
a) frisch	0,5475	0,196 (35,9)	0,0149 (2,8)	0,0236 (4,4)
b) halb ausgesogen	0,41	0,179 (43,6)	0,0097 (2,4)	0,0175 (4,3)
c) ganz „	0,261	0,0905 (34,6)	Spuren	0,0130 (5,0)

16. *Echeveria secunda.* Eine im Dunkel befindliche Rosette war in der Weise abgestorben, dass die untern Blätter völlig verblassten, und wachsartig bleich, fast durchscheinend wurden, aber vollsaftig blieben. 6 solcher Blätter wurden mit normal grünen gleich grossen und gleicher Anzahl verglichen. — Bei 110° getrocknet.

	Trocken	Malat	Zucker
Normalblätter	0,266	0,157 (59,0)	0,0058
Abgestorbene	0,280	0,1005 (36,0)	0,0020

17. Von *Sempervivum Funkii* wurden am 14. Mai 2 ganz gleiche Rosetten auf der Wage genau gleich wiegend gemacht, und die eine als Controlle sofort getrocknet. Die andere lag in trockenem Glasschälchen, glockenbedeckt, im Dunkel, bis zum 22. Mai. Indess war die Knospe etwas etiolirt, die mittleren Rosettenblätter alle zurückgekrümmt, die 12 untersten aber waren ausgesogen und spreuartig trocken geworden.

	Trockengew.	Malat
Controllrosette	0,4735	0,1610
Versuchsrosette	0,4085	0,174

10 Blätter der frischen Rosette und die 12 ausgesogenen Blätter der Versuchsrosette für sich ergeben:

	Trockengew.	Malat
10 frische Blätter	0,0935	0,0305
12 ausgesogene Bl.	0,033	0

18. *Sempervivum sp.* Versuch dem vorigen gleich, vom 12.—19. Mai, aber Rosetten auf feuchtem Filtrirpapier liegend. — 25 Blätter nach dem Versuch fast völlig ausgesogen.

	Frischgew.	Trockengew.	Malat
Controllpflanze	27,552	1,501	0,5995 (39,9)
Versuchspflanze	27,063	1,4595	0,63
Davon die 25 Bl. (ausgesogen)	.	0,132	0,011 (8,3)
		1,5915	0,641 (40,3)

19. *Sempervivum dolomiticum.* Gewichts- und entwicklungsgleiche Rosetten 10.—13. Juli abwechselnd in Licht und Dunkel auf trocknem Papier; dabei werden 23 Blätter, etwa 1/3 der ganzen Rosette ausgesogen und fast trocken.

	Trockengew.	Malat
Anfangscontrolle	0,2985	0,1035
Versuchspflanze	0,277	0,095

20. *Sempervivum Pittoni.* Blätter grosser, ausgewachsener Rosetten a) vollsaftige, b) völlig ausgesogene. — Bestimmung des Gesammtkalkgehaltes*) (als CaO). (Juli.)

a) 20 Blätter enthalten	frisch	0,1525 CaO
	ausgesogen	0,0165
	Differenz	0,1360
b) 10 Blätter einer andern Rosette	frisch	0,1055
	ausgesogen	0,011
	Differenz	0,0945
c) Gleiche Bestimmung. 10 Blätter	frisch	0,1095
	ausgesogen	0,013
	Differenz	0,0965

Tabelle III.

Etiolirungsversuche.

a.

Vom 13. Mai bis 13. Juni wurden Dunkelversuche im Freien angestellt. Am erstgenannten Tage wurden von ganz gleichen Exemplaren von *Echeveria secunda*, ferner von *Sempervivum Requieni* und *californicum* zunächst Controllpflanzen genommen und sofort analysirt; hierauf von je 2 Portionen der Pflanzen die eine frei im Licht gehalten, die andere daneben unter Zinkrecipienten lichtfrei cultivirt. Innerhalb eines Monats blieben beide Versuchsreihen gesund, die freiwachsenden Pflanzen erschienen normal weiter gewachsen, die Dunkelpflanzen etiolirten: unter Erzeugung neuer farbloser bezw. nur an der Spitze gefärbter Blätter starben ältere Blätter ab. — Die ganzen Pflanzen analysirt.

I. *Echeveria secunda.*

	Zahl der gesunden Blätter	Trockeng.	Kalk	fr. Säure	Zucker	Stärke
Controllpfl.	52	1,575	0,383 (25,0 %)	0,088 (5,6)	0,1404 (8,9)	0,1876 (11,9)
Grüne Versuchspfl.	77	2,476	0,646 (26,1 %)	0,302 (16,3)	0,172 (6,9)	0,2023 (8,1)
Etiol. „	26	0,425	0,1295 (30,5 %)	0,032 (7,5)	0,0216 (5,1)	Spuren

*) Kalkgehalt der Samen vgl. Schluss der Tabelle III.

Auf die Controllpflanze als Einheit bezogen würde sich ergeben für

	Trockeng.	Kalk	fr. Säure	Zucker	Stärke
Grüne Pflanzen Zunahme	+57,3 %	+168 %	+243 %	+23 %	+8,1 %
Etiol. Pflanzen Abnahme	—73,1 %	—77 %	—63,7 %	—84,6 %	—100 %

II. Versuch mit der gleichen Pflanze:

	Zahl der gesunden Blätter	Trockeng.	Kalk	fr. Säure	Zucker	Stärke
Controllpfl.	51	1,029	0,304 (30,4)	—	0,0679 (6,6)	0,08 (8,0)
Grüne Versuchspfl.	70	2,203	0,617 (27,7)	—	0,154 (7,0)	0,172 (7,9)
Etiol. „	39	0,7585	0,222 (29,2)	—	0,0288 (3,8)	Spuren
III. *Sempervivum Requieni.*						
Controllpfl.	47	2,1605	0,866 (40,1)	0,096 (4.4)	0,213 (9,8)	0,128 (5,9)
Grüne Versuchspfl.	62	2,702	1,102 (40,8)	0,136 (5,0)	0,156 (5,8)	0,064 (2.4)
Etiol. „	60	1,37	0,719 (52.5)	0,05 (3,6)	0,064 (4,9)	0,015 (1,1)
IV. *Sempervivum californicum.*						
Controllpfl.	87	1,5805	0,5155 (32,6)	0,048 (3,0)	0,022 (1,4)	0,1044 (6,6)
Grüne Versuchspfl.	95	2,667	0,97 (37,3)	0,124 (4,7)	0,076 (2,9)	0,214 (8.2)
Etiol. „	64	0,965	0,387 (40,4)	0,018 (1,8)	Spuren	0,044 (0,4)

b.

1. *Sempervivum sp.* Eine Schale, etwa ein Dutzend gleicher Rosetten in bester und ganz gleicher Ausbildung enthaltend, wird ungefähr einen Monat (Januar) im Zimmer cultivirt, ein Theil der Rosetten frei am Fenster dem Licht exponirt, ein Theil derselben mit einem geräumigen Zinkcylinder lichtdicht bedeckt. Die Lichtexemplare verrathen am Schlusse der Cultur in keiner abnormen Weise ihre Zimmercultur; die verdunkelten Rosetten haben zurückgeschlagene, nur an der Spitze (wie ursprünglich) grüne, sonst aber (an der weiter gewachsenen Basis) elfenbeinweisse Blätter.

Von 3 Rosetten von Licht- und Dunkelexemplaren zusammen je 80 Blätter genommen; die Dimensionen der grünen Blätter sind 25 mm Länge, 12 mm grösste Breite; die der Dunkelblätter 40—45 mm, bezw. 12 mm.

Analysirt wurden mit den Blättern zugleich die Rhizome. Das getrocknete Material mit Wasser digerirt und der Auszug in der üblichen Weise behandelt.

Analysentabelle.

	Trockengew.	Malat	fr. Säure	Zucker	Stärke
Grüne Pfl.	1,82	0,4985 (27,4 %)	0,089 (4,9 %)	0,0312 (1,7 %)	0,1608 (8,8 %)
Dunkelpfl.	2,0565	0,4465 (21,7 %)	0,1067 (5,2 %)	0,0480 (2.3 %)	0,184 (9,0 %)

2. Ein zweites *Sempervivum* (anderer Species) in gleicher Weise, im Januar, zum Versuche benutzt, ergab (von 3 Rosetten) zu 75 Blättern in Summa an grünen und etiolirten Exemplaren folgende Resultate:

	Trockengew.	Malat	freie Säure	Zucker	Stärke
Grüne Pfl.	1,715	0,4075 (23,7 %)	0,0814 (4,7)	0,053 (3,1)	0,137 (8,0)
Dunkelpfl.	1,922	0,277 (14,4 %)	0,1489 (7,7)	0,1011 (5,3)	0,188 (9,9)

3. Von dem gleichen *Sempervivum* wie Vers. 1 werden von je 2 Rosetten je 70 Blätter in Summa, daneben aber auch die Rhizome und Hauptwurzeln für sich analysirt. — Blattdimensionen: grün 20 mm lang, 10 mm breit; etiolirt 40 mm lang, 10—13 mm breit.

	Frisch	Trocken	Malat	freie Säure
Blätter:				
Grün	19.874	1,095 (5,0 %)	0,359 (32,7)	0,0498 (4,6)
Etiolirt	38,107	1,965 (5,2 %)	0.537 (27,3)	0,0804 (4,2)
Rhizome:				
Grün	.	0.9515	0,049 (5,1)	0,0526 (5,5)
Etiolirt	.	0.651	0.0765 (11,7)	0,0704 (10,8)

4. Das gleiche *Sempervivum* wie in Vers. 3 wird etwa $1^1/_2$ Monate in der Weise wie oben (Vers. 1) im Zimmer cultivirt. Anfang Januar bit Mitte Februar. Aus je 3 Rosetten von Licht- und Dunkelpflanzen, erstere haben 100, letztere nur 90 Blätter in Summa; Beschaffenheit, wie oben beschrieben. Rhizome und Hauptwurzeln neben den Blättern analysirt.

Analysentabelle.

	Frischgew.	Trockengew.	Malat	freie Säure	Zucker	Stärke
a) Blätter:						
Lichtpfl.	17,139	0,912 (5.3)	0.276 (30,2)	0.0465 (5,1)	0,0388 (4,3)	0,0416 (4,5)
Dunkelpfl.	25,38	1,1165 (4,9)	0.2685 (24,2)	0,098 (8.9)	0,0548 (4,9)	0,0636 (5,8)
b) Wurzeln:						
Lichtpfl.	7,366	0,894 (12,1)	0,0575 (6,4)	0,055 (6,6)	0,077 (8,5)	0,0954 (10,7)
Dunkelpfl.	10,451	1.236 (11,8)	0,1055 (8.6)	0,0625 (6,1)	0,1032 (9,0	0,095 (9,1)
Auf die ganzen Pflanzen berechnet ergibt sich demnach:						
Lichtpfl.	24.505	1.806 (7,3)	0.333 (18,4)	0,1015 (5,7)		
Dunhelpfl.	35.831	2.352 (6,6)	0,374 (15,9)	0.1605 (6,7)		

c.

Sempervivum Camollei. (12. Februar). a) Exemplare aus dem Freien, klein (ungefähr 5 cm im Durchmesser) aber sehr kräftig, Blätter aufrecht und bis auf die Basis tiefgrün gefärbt. b) Seit einem Monat im Warmhaus vergeilte Exemplare;

aus einer grössern Anzahl nur an der Spitze grüner, im oberen Theil rein weisser, convex abwärts geschlagener Wurzelblätter, erhebt sich etwa 1 dc lang ein wie die ansitzenden kleinern Blätter alabasterweisser Stengel, oben mit einer schneeweissen Knospe schliessend. — Saftbestimmungen.

	Saftgewicht	Acididät 1 cc	Malat in 15 cc	freie Säure in 15 cc	
Grüne Pfl.	1,0317	3,2	0,439	0,0864	also per 1 cc ca 5 mgr.
Etiol. „	1,021	2,0	0,348	0,008	also per 1 cc ca $^1/_2$ mgr.

Sempervivum Funkii. Von einem wie oben etiolirten Satze von Rosetten werden die rein weissen Theile und die grünen Spitzen der etiolirten Blätter für sich geprüft und mit dem Safte eines seit 4 Tagen im Zimmer stehenden, grünen Exemplars verglichen.

	Spec. Gewicht	Malat in 30 cc	demnach in 1 cc	freie Säure in 10 cc	Glycose in 10 cc
Grüne Spitze etiol. Pfl.	1,0138	0,4075	0,013	0,015	0,019
Weisse Theile „ „	1,012	0,385	0,012	0,007	0,0063
Zimmerpflanze	1,0141	0,392	0,013	0,022	0,0267

Von verschiedenen *Sempervivum*-Arten wurde Aschen- und Kalkgehalt der Samen bestimmt. Die Samen wurden zunächst möglichst gereinigt. Durch Einwerfen in Wasser wurden die niedersinkenden Erdbestandtheile von den schwimmenden Samen, bei einem zweitmaligen Schütteln mit Wasser die leichter sinkenden Samen von den schwimmenden Carpellresten getrennt.

Die so gereinigten und eingeäscherten Samen ergeben:

	aus Asche	CaO	d. h. Procent
Sempervivum Mettenianum	0,088	0,0225	25,5
„ *soboliferum*	0,1095	0,027	24,7
„ *assimile*	0,082	0,017	20,7

Man sieht also, dass der Kalk etwa den 4. Theil der Samenasche ausmacht. Ein Blick auf die Aschentabellen der Samen in E. Wolff's „Aschenanalysen“ I. Aufl. S. 154—155 zeigt, dass unsere Samen zwar nicht den höchsten, aber durchweg einen sehr hohen Kalkgehalt unter den bekannten erreichen.

II. Die freie Aepfelsäure.

a) Bildung der Aepfelsäure.

1. Die freie Säure erscheint in der Nacht.

Im normalen Lebenslauf unserer Gewächse tritt die Säure Nachts auf. Während die vorhandene Säure im Laufe des Tages sich stetig vermindert, nimmt von dem Moment an, wo Dunkel eintritt, die Säure wieder zu, und vermehrt sich während der ganzen Nacht bis zum Wiedererscheinen des Lichtes (man vergleiche die Tabelle der stündlichen Periodicität Tabelle V a oder in Heft IV S. 21 und 50—52 der „Wasservertheilung“). Diese Thatsache lässt zunächst mehrere Deutungen zu: einmal, dass in der Nacht ganz ausschliesslich die Bedingungen für die Entstehung der Aepfelsäure gegeben sind, demnach am Tage überhaupt keine freie Säure gebildet wird; oder aber, dass der Process der Säurebildung Tag und Nacht fortgeht, aber mit ungleicher, etwa Nachts verstärkter Energie; und dass er bei stetigem Fortgang Tags durch energischere entgegengesetzte d. h. Säure umbildende Processe verdeckt wird. Da thatsächlich Vorgänge letzterer und sogar überaus energischer Art stattfinden, so ist für die letztgenannte Auffassung offenbar Raum gegeben. Es lag bisher nicht in meiner Absicht, über diese Frage, die bei der Feststellung der Ursachen der Säurebildung wichtig ist, Versuche anzustellen. Doch sind mir Erscheinungen bekannt, die in Richtung der zweiten obigen Alternative gedeutet werden könnten. Ich will z. B. nur den Ausfall der Versuche S. 54—55 Heft IV der „Wasservertheilung“ anführen. Dort habe ich gezeigt, dass in CO_2- oder H-Atmosphäre im Lichte nicht oder nur sehr unvollkommen entsäuert wird. Genau genommen aber zeigen die meisten der betreffenden Zahlen, dass bei mangelndem Sauerstoff im Licht eine kleine Säurezunahme stattfindet.

Soviel nur, um die von mir gebrauchten Ausdrücke „nächtliche Säurebildung“ u. s. w. vor absolutistischen Missdeutungen zu bewahren.

Dass die höhere nächtliche Acididät, die man in den verschiedensten Organen so deutlich durch Titration nachweisen kann, wirklich auf energischer Bildung saurer Substanz, speciell Aepfelsäure, beruht, bedarf nach den Darlegungen namentlich Ad. Mayer's eigentlich keines Beweises mehr. Es ist gewiss, dass in den Crassulaceen Nachts Aepfelsäure erzeugt und zwar neugebildet wird. Zahlenbelege sollen gleich gegeben werden.

Zwei Punkte sind es nur, die ich noch vorher berühren will:

1. Es ist sicher, — man vergleiche dazu die Beispiele von gleichzeitiger Bestimmung des Malats und freier Säure in der Tabelle IV a — dass die in der Nacht auftretende Säure nicht aus dem Malat freigemacht sein kann. Denn letzteres bleibt von einem Tag zum andern nicht nur gleich, es vermehrt sich sogar der Regel nach deutlich. Die Annahme, dass dennoch die Säure aus dem (sich gleichzeitig regenerirenden) Malat stamme, wäre also ganz willkührlich.

2. In Gleichem ist die Annahme, dass die nächtlich z. B. in den Blättern auftretende Säure etwa auf eine Herzuleitung aus dem Stamm zurückzuführen sei, absolut ausgeschlossen in den zahllosen Fällen, wo die Versuche mit abgeschnittenen Blättern, isolirten Blattstücken u. s. w. ausgeführt wurden. Dass in besonderen Fällen eine Erhöhung des Säuregehaltes durch Einwandrung freier Säure angenommen werden darf, soll weiter unten gezeigt werden. Doch kommen diese für gewöhnlich gar nicht in Betracht.

Gehen wir nun etwas näher auf die quantitativen Verhältnisse ein, um uns in concreten Fällen eine Vorstellung von der Grösse der nächtlichen Säurebildung zu machen (Tabelle IV a).

Unser Beispiel n. 1 zeigt, dass *Sempervivum Funkii* in der Nacht vom 16. bis 18. Juni pro cc Zellsaft 2.2 Milligramm Aepfelsäure gebildet hat; der Vergleich von n. 2 und 3 zeigt, dass bei derselben Pflanze in mehreren aufeinanderfolgenden Nächten die Quantität gebildeter Säure recht verschieden sein kann: am zweiten Tage wurde gerade das doppelte, am dritten dagegen weniger als am ersten gebildet.

Das Beispiel von *Echeveria* (n. 7—9) weist darauf hin, wie ungleich die Säureerzeugniss in verschiedenen Jahreszeiten ist. Bei unserer Pflanze wurde in einer kurzen Sommernacht gerade das 10 fache an Säure wie im Winter gebildet. Das spricht unter Anderm deutlich aus, welch hohe Bedeutung der vorangehende Tag für die nächtliche Säurebildung hat. — —

Bekanntlich hat bereits de Vries (a. a. O. S. 109) die Grösse der nächtlichen Säureproduction für verschiedene Pflanzen acidimetrisch berechnet. Derselbe fand, bezogen auf 10 gr Blattfrischgewicht bei *Echeveria* 55, bei *Sempervivum* 40 Milligramm Aepfelsäure per Nacht producirt. Nimmt man, was freilich ungenau ist, an, dass 1 gr Substanz 1 cc Saft entspreche, so stimmen unsere Zahlen immerhin noch genau genug. —

So gross als in den Blättern, ist allerdings in den Stengeln (bei *Bryophyllum* und *Echeveria*) die Säuremobilität nicht. Aus der Tabelle IV b, wo eine Anzahl Bestimmungen von Tag- und Nachtacididät der Stengel und Rhizome vorliegen, ist

ersichtlich, dass zwar auch in diesen Organen tägliche Aenderungen hervortreten können, diese aber relativ sehr schwach erscheinen. Der Vergleich der grünlichen *Bryophyllum*-Stengel mit den farblosen *Echeveria*- oder *Semperviven*-Rhizomen, der Vergleich der Grösse des Acididätswechsels in Blatt und Rhizom lassen deutlich durchblicken, dass die Energie des Säurewechsels in einem Organ unter Anderm zu seinem Chlorophyllgehalt in Beziehung steht.

2. Die Bedingungen der täglichen Assimilation sind auch Vorbedingungen für die nächtliche Säuerung.

Die eben hervorgehobenen Thatsachen haben uns gezeigt, dass sich in den grünen Organen ein kräftigerer Säurewechsel vollzieht, als in nicht grünen. Weist das schon darauf hin, dass die Bildung oder Entbildung freier Aepfelsäure mit den Assimilationsvorgängen, mögen es nun die Assimilationsorgane oder ihre Producte sein, in einer gewissen Beziehung stehen müsse, so zwingt uns die nähere Betrachtung der Vorbedingungen, unter denen sich die Säurebildung abspielt, noch mehr die Ansicht auf, dass ein bestimmter, engerer Zusammenhang zwischen beiden Processen existirt.

Dieser Zusammenhang drängte sich offenbar auch früheren Beobachtern auf und nährte ohne Zweifel mit den Gedanken, die Pflanzensäuren könnten selbst Assimilationsproducte sein. Bei diesem nachweislich engen Zusammenhang der beiden Vorgänge wird es jedenfalls gut sein, wenn wir uns vorerst in wenig Sätzen klar machen, dass die Aepfelsäure in keiner Weise directes Assimilationsproduct aus der Kohlensäure der Atmosphäre sein kann, obwohl ich mich anderwärts („Wasservertheilung" IV S. 26 f.) bereits nachdrücklich in diesem Sinne ausgesprochen habe.

1. Die Aepfelsäure tritt bei unsern Pflanzen in der Nacht hervor, und wird ohne Zweifel der Hauptmasse nach im Dunkel erzeugt. Während dieser Zeit nehmen aber die Crassulaceen nicht CO_2 auf, sondern scheiden solche, wie andere Pflanzen, aus — unter Anderm durch Versuche bewiesen von Ad. Mayer I, 432, 434 u. s. w.

2. Man könnte unter diesen Verhältnissen höchstens die Annahme machen, dass die am Tage aufgenommene Kohlensäure zunächst nur einer geringen, theilweisen Desoxydation unterzogen und erst während der Nacht völlig zu Säure desoxydirt werde. Dabei müsste nun aufs Neue Sauerstoff disponibel werden. Es ist aber sicher, dass im Dunkel wenigstens keine Ausscheidung von Sauerstoff stattfindet. Ich habe im Gegentheil bewiesen (Wasservertheilung Heft IV S. 52—54), dass Nachts in Kohlensäure- oder Wasserstoffatmosphäre die Säurebildung unterbleibt, dass zur

nächtlichen Säurebildung Sauerstoff nöthig ist, verbraucht wird. Darnach liegt es offenbar viel näher, die nächtliche Säurebildung als einen Oxydationsvorgang anzusehen; wenn ich auch nicht behaupten will, dass die genannte Thatsache zu einem solchen Schlusse zwingt.

3. Gegen die Annahme, die nächtliche Säure sei directer Abkömmling der am Tage aufgenommenen Kohlensäure, spricht schnurstracks die Thatsache, dass bei mehrtägiger Cultur isolirter *Sempervivum*-Rosetten in kohlensäurefreier Atmosphäre nächtliche Säurebildung stattfinden kann. Tabelle VIII.

4. Endlich lässt sich zeigen, dass sich die Crassulaceen hinsichtlich der Kohlehydrate speciell des Stärkemehls in Licht und Dunkel wie gewöhnliche Pflanzen verhalten. Bringt man *Semperviven*- oder *Echeverien*-Rosetten in's Dunkle, so schwindet selbst nach 8tägigem Aufenthalt das Stärkemehl aus den Blättern nicht ganz, aber es wird, wie schon Ad. Mayer bemerkt (I, 442) auffallend weniger. Durch normale Lichtexposition während eines Tages kann in solchen Dunkelrosetten das Stärkemehl sehr augenfällig vermehrt werden. Uebrigens will ich hier gleich ein Paar Analysen anführen, welche ausserordentlich schön beweisen, wie Tag für Tag in unsern Crassulaceen Kohlehydrate erzeugt werden.

Tägliche Vermehrung, nächtliche Verminderung von Zucker und Stärke unter den Normalverhältnissen.

Zwei Parallelversuche mit *Sempervivum Camollei* und *avernense*. Wurzellos in Glasschalen auf feuchtem Fliesspapier, im äussern Bau und im Frischgewichte gleich. 13./14. Juni bis 15./16. Juni. 14. und 15. Juni warm und sonnig.

1. *S. Camollei.*

	Trockengewicht	Zucker	Stärke
Nacht	0,92	0.0344	0.0520
Tag	0,917	0.0542	0.1136
Nacht	0,944	0.0424	0.0896
Tag	1,006	0.0578	0.1158
Nacht	0.92	0.074	0.094

2. *S. avernense.*

Nacht	.	0,0336	0.0456
Tag	.	0.0796	0.0848
Nacht	.	0,0380	0.0520
Tag	.	0.0424	0.0536
Nacht	.	0.042	0.0352

Lässt sich also die nächtlich hervortretende Aepfelsäure in keiner Weise als ein directer Abkömmling der atmosphärischen Kohlensäure — im Wege des reducirenden Assimilationsprocesses — ansehen, so zeigt allerdings die nähere Betrachtung der Bedingungen, unter denen sie entsteht, dass eine engere Beziehung zur Assimilation vorhanden ist: die Energie der nächtlichen Säurebildung hängt nämlich von denselben Modalitäten ab, von denen wir die vorangehende tägliche Assimilation beeinflusst wissen. Strenge Localisirung des Processes, grosse Schnelligkeit des Vollzugs, Abhängigkeit von der Intensität des Lichts, ungleiche Wirkung der Lichtstrahlen verschiedener Wellenlänge — Alles das ist bei den zwei Vorgängen von derselben Wirkung:

a) Unter gewöhnlichen Verhältnissen hält die Säurebildung im Dunkel nur kurze Zeit an, sie geht nicht auf unbestimmte Zeit fort; es ist sicher, dass, uns zunächst unbekannte Wirkungen des Lichtes als Vorbedingungen der Säureerzeugung nur eine beschränkte Zeit vorhalten:

α) Aus dem Beispiel „Wasservertheilung" IV S. 21 geht hervor, dass die an einem Tag geübte Wirkung des Lichtes hinreicht, dass die ganze Nacht hindurch Säure erzeugt wird, demnach am Morgen ein Säuremaximum resultirt. Tab. V a.

β) Aus den früheren Zahlenbelegen a. a. O. S. 48 und den neuen in unserer Tabelle V b und IX erhellt, dass die Vorbereitungen, welche das Licht für die Säurebildung zu treffen hat, durchaus nicht bloss für eine Nacht reichen, dass aber bei längerem, insbesondere mehrtägigem Dunkelaufenthalt unweigerlich in der Säurebildung zuerst ein Stillstand, dann ein Rückgang des Säurebestandes eintritt. Soviel ist also klar: die nächtliche Säureerzeugung ist an nicht allzulang vorangehende Lichtwirkung geknüpft.

b) Es ist mir eine allgemeine Erfahrung gewesen, dass nach sonnigen Tagen in der Nacht energischer Säure erzeugt wird als nach trüben; dass im Sommer der Acididätenwechsel ein überaus viel stärkerer als im Winter, dass an einem beliebigen Tage von der Sonne oder intensiver Beleuchtung getroffene Pflanzen in der folgenden Nacht viel intensiver Säure bilden, als matt beleuchtet gewesene. Belege dazu finden sich bereits im Vorangehenden; ich will aber zum weitern Beweise noch ein Paar Beispiele direct anführen:

Von vier ganz gleichen Topf-*Bryophyllen* mit 6—7 Blattpaaren werden zwei (am 19. Februar) im Zimmer am Fenster den ganzen Tag der Sonne ausgesetzt (manchmal ist die Sonne verschleiert), die andern stehen im Schatten der Wand zwischen 2 Fenstern bis Abends 5 Uhr. — Je eine Pflanze wurde Abends, die andere andern Tags früh 8 Uhr möglichst genau auf Saft verarbeitet.

	Gewonnene Saftmenge		15 cc Saft enthalten Malat		freie Säure	
	Sonne	Schatten	Sonne	Schatten	Sonne	Schatten
5 Uhr Nachm.	22 cc	28 cc	0,1515	0,165	0,0102	0,0209
Andern Morgen 8 Uhr	25 cc	31 cc	0,159	0,176	0,0185	0,0276
				Neugebildet	0,0083	0,0065

In einem andern Versuch ergab sich die Acidität von 1 cc Saft:

	Sonne	Schatten
5 Uhr Nachm.	0,7	1,6
Andern Morgen 8 Uhr	2,2	1,7
Differenz	1,5	0,1

c) Es ist eine Erfahrung von gleicher Allgemeinheit, dass die Länge der täglichen Lichtexposition die Stärke der nächtlichen Säuerung beeinflusst.

d) Ueber die Bedeutung verschieden farbigen Lichtes stehen mir eine (vielleicht hinreichende) Anzahl Versuche zu Gebote, welche darzuthun, dass nach Insolation in der rothen Spectralhälfte die nächtliche Säurebildung energischer ist, als nach gleicher Beleuchtung in der blauen Hälfte. Die Versuche sind mit den Sachs'schen doppelwandigen Glocken, analog den a. a. O. IV. S. 20 mitgetheilten angestellt. Tabelle V c.

e) Nicht minder endlich hat die nächtliche Säurebildung mit dem Assimilationsprocess darin grosse Aehnlichkeit, dass sie streng localisirt werden kann. Aehnlich wie man die Stärkebildung, oder andere auf den Assimilationsprocess bezügliche Vorgänge (z. B. Wanderung der Chlorophyllkörner) durch ganz locale Beschattung oder Besonnung auf bestimmte Stellen beschränken kann, so kann man die nächtliche Säuerung durch am Tage geförderte oder behinderte Belichtung beeinflussen. Ich habe Versuche der Art angestellt, dass besonnte Blätter von *Bryophyllum* theils der Länge, theils der Quere nach mit Staniolbändern bedeckt wurden, und am andern Morgen in bedeckten und unbedeckten Partien gesondert die Acidität gemessen. Man vergleiche die Resultate in Tabelle V d.

So sehr also einerseits die Ansicht zurückzuweisen ist, dass die nächtlich auftretende Säure ein directes Reductionsproduct der am Tage aufgenommenen Kohlensäure sei, ebenso sehr wird auf einen unleugbaren Zusammenhang zwischen der nächtlichen Säurebildung und der am Tage sich vollziehenden Assimilation hingewiesen. Meine weiteren Versuche legen es nun nahe, dass dieser Zusammenhang der beiden Processe zunächst ein rein stofflicher sei, dass die Substanzen, aus denen die Säure allnächtlich entsteht, zunächt am Tage vorgebildet werden, mit einem Worte: die Muttersubstanzen für die Säure sind wohl die am Tage gebildeten Kohlehydrate.

Ich will die Gründe anführen, welche, glaube ich, zu dieser Annahme berechtigen:

1. Wir haben oben gesehen, dass die Crassulaceen gleich andern Pflanzen am Tage Kohlehydrate erzeugen: in ihren Chlorophyllkörnern tritt, mikroskopisch geprüft, Stärke auf, und die quantitative Analyse weist tagüber einen Zuwachs an Zucker und Stärke nach.

2. In den Versuchen Tabelle VI, ist die Zuckermenge am Tag und in der darauffolgenden Nacht bestimmt; sie zeigen, dass der am Tag gebildete Zucker in der Nacht regelmässig abnimmt und zwar unter Umständen (z. B. Versuch n. 5) wo von einer etwaigen Wegleitung desselben keine Rede sein kann. Es liegt natürlich sehr nahe anzunehmen, dass der in der Nacht regelmässig verschwindende Zucker zu der um dieselbe Zeit erscheinenden Säure in directem Bezug stehe, dass er, wenn nicht das einzige, so ein Hauptmaterial für die Herstellung der Aepfelsäure sei.

3. Es ist gewiss, dass das einfache Schwinden von Kohlehydrat beim Auftritt der Aepfelsaüre keineswegs den directen Zusammenhang der beiden Processe darthut. Die Möglichkeit liegt immerhin vor, dass andere, hier zunächst noch unbekannte Substanzen, als Bildungsmateriale für unsere Säure dienen. Eine Anzahl Analysen, die ich nach der Richtung unternommen, sprechen aber keineswegs zu Gunsten einer solchen Anschauung, schliessen sie vielmehr direct aus. Bestimmt man nämlich, wie es in Tab. VII geschehen ist, Tag und Nacht die Gesammttrockenmenge des Saftes einer-, Zucker, Malat, und freie Säure andrerseits, so bleibt noch ein ansehnlicher Rest „unbestimmter Substanzen“ übrig. Dieser Rest unbestimmter Substanzen ist aber bei Nacht grösser als bei Tage. Damit fällt aber jede Wahrscheinlichkeit fort, dass in diesen unbekannten Substanzen die Muttersubstanz für die Aepfelsäure stecke. — Von Ad. Mayer ist einmal die Ansicht geäussert worden (II, 336) es könnte die Aepfelsäure vielleicht ein Spaltungsprodukt stickstoffhaltiger Körper sein; und er dachte dabei an glutamin- oder asparaginartige Körper. Soweit meine Erfahrungen reichen, mehren sich aber in der Nacht die löslichen N-haltigen Körper des Zellsaftes unserer Crassulaceen (Tab. VIIb).

4. Als ein Argument hervorragenden Werthes darf es gelten, dass nach CO_2-freier Exposition am Tag in der folgenden Nacht eine relativ geringere Säuerung eintritt. Man vergleiche die Versuche in Tabelle VIII.

5. Wird, wie aus dem Vorstehenden mit grösster Wahrscheinlichkeit hervorgeht, die nächtliche Säure aus dem verschwindenden Zucker — oder (da die in der Nacht sich mindernde Stärke ebensogut betheiligt sein kann) allgemeiner gesagt

aus dem verschwindenden Kohlehydrat erzeugt, so muss der Process in seiner allgemeinsten Form einen Oxydationsvorgang bilden. Und in der That wird in Sauerstofffreier Atmosphäre die nächtliche Säurebildung sistirt. Man vgl. die diesbezüglichen Versuche in „Wasservertheilung“ IV, S. 52—54. Ueber die Art und Weise, wie aus den Kohlehydraten die Säure entstehe, lässt sich zur Zeit nur rein Hypothetisches sagen; die Frage, ob die Säure durch einen directen Oxydationsprocess, oder aus einem complicirteren Vorgang nach unbekannterer Art schliesslich resultire, mag daher auf sich beruhen.

Im Uebrigen möchte ich betonen, dass meine Versuche zwar so zu deuten sind, dass im gewöhnlichen Laufe der Dinge die täglichen Assimilationsproducte zur nächtlichen Säurebildung herangezogen werden; das schliesst aber nicht aus, dass eventuell Säurebildung auch aus Vorräthen von Kohlehydraten stattfinden kann. Diese Annahme, die an sich gewiss nahe gelegt ist, wird durch die obige Erfahrung von der blossen Minderung nicht aber Sistirung nächtlicher Säurebildung nach CO_2-freier Lichtexposition zwar noch nicht unbedingt gefordert (da ja auch aus der im Licht zersetzten Säure CO_2 für die Assimilation frei werden könnte) aber doch sehr nahe gelegt. Zum Schlusse noch eine Bemerkung: die Bedeutung des Lichtes für die nächtliche Säuerung wird in dem Vorhergehenden zunächst allerdings darin gefunden, dass unter gewöhnlichen Verhältnissen durch dasselbe das in der Nacht zu oxydirende Materiale hergestellt wird; damit braucht aber die Beziehung desselben zu dem Process keineswegs erschöpft zu sein. Schon die Versuche in permanentem Dunkel z. B. zeigen, dass die Säurebildung aufhört, längst aufhört, bevor das Material an Kohlehydraten verbraucht ist. Es bleibt fernern Untersuchungen vorbehalten zu bestimmen, wie weit damit auf andere und specifische Functionen des Lichts in unserm Processe hingewiesen ist. —

Endlich möchte ich noch auf eine Eigenthümlichkeit der nächtlichen Säurebildung der Temperatur gegenüber hinweisen. Einige gleich anzuführende Versuche zeigen nämlich, dass sich die Säure bei ausserordentlich niederer Temperatur bildet; es ist dies um so interessanter als die am Tage sich vollziehende Entsäuerung sich nicht in gleicher Weise verhält. Z. B. *Bryophyllum*-Pflanzen am Tage bei 3 verschiedenen Wärmegraden, aber gleichen Lichtverhältnissen gehalten, Nachts alle gleichmässig in einen Raum gebracht, dessen Temperatur von 5° C Abends auf 3° früh fällt, ergeben folgende Acididätsverhältnisse (1 cc Saft gegenüberstehender Blattpaare).

Tags	4,5°	2,0	Tags 11°	2,0	Tags 18°	1,1
Nachts	5—3°	2,65		2,5		1,4

Ein anderer Versuch mit *Bryophyllum* Blättern (die Paare), Tags Temperatur 20° Acididät von 1 cc Saft isolirter Blätter.

In 2 Parallelreihen: ein Theil der Pflanzen Tags und Nachts in 20° C der andere Theil Tags bei 20°, Nachts bei 4—5°.

I. Tags	20° C	1,3	II. Tags	20° C	1,8
Nachts	20—22° C	1,6	Nachts	4—5° C	2,4

Es wird also, wenn anders meine Versuche allgemeinere Geltung haben, bei auffallend niederer Temperatur leichter Säure erzeugt, als bei hohen, bei andern Processen sehr günstigen Temperaturgraden. Der Schluss liegt nahe, dass die im natürlichen Verlauf eintretende allnächtliche Temperaturerniedrigung ein Factor in der Erzeugung der nächtlichen Säure sei.

b) Umbildung der freien Säure.

Die nächtlich gebildete Säure sammelt sich, wie man aus den Analysen sieht, nicht lange im Zellsaft an; sie geht vielmehr alsbald Veränderungen der Art ein, dass sie als saure Substanz daraus verschwindet. Die seitherigen Untersuchungen über die Umwandlung, welche die freie Säure erfährt, die von Ad. Mayer und de Vries, leiden jedenfalls an dem Fehler, dass in ihnen die eine Form, unter welcher freie Säure umgebildet wird, die Bindung derselben an Kalk, zwar nicht absolut unbekannt geblieben, jedenfalls aber in ihrer Bedeutung völlig misskannt wurde. So ist von Ad. Mayer zwar, wie ich bereits oben hervorgehoben, das Vorhandensein nicht geringer Mengen von Malat überall erkannt und constatirt, nirgends dagegen von demselben eine Betrachtung über dessen eventuelle Bedeutung angestellt. de Vries ist durch seine Untersuchungen wie mir scheint, sehr deutlich auf eine Folge der Malatbildung hingewiesen worden, nämlich „eine langsam und stetig fortschreitende" Entsäuerung (a. a. O. S. 120), erkennt aber als die Ursache dieser keineswegs etwa die Malatbildung, sondern nimmt eine „stetig am langsam fortschreitende, vom Licht unabhängige Zersetzung der organischen Säuren des Zellsaftes" als Ursache an; die Lichtentsäuerung ist ihm nur eine verstärkte Form der „stetigen langsamen" Zersetzung. Neutralisation und Salzbildung wird von ihm nur einmal, ganz nebenbei, keineswegs als eine ins Gewicht fallende Erscheinung erwähnt.*)

*) „Dass ein kleiner Theil (der Säure) neutralisirt wird und in der Form von Salzen im Zellsafte zurückbleibt, beweisen die Befunde directer Analysen". a. a. O. S. 109. — vgl. auch Bot. Ztg. 1884 S. 341.

Beide Forscher widmen ihr Hauptaugenmerk der am Tage so auffallend hervortretenden Veränderung der Säure. Das Wesen dieser täglich-periodischen Veränderung fassen sie aber sehr verschieden auf. Während Ad. Mayer es wahrscheinlich zu machen sucht, dass die freie Säure am Tage „zu Kohlehydrat reducirt" wird (II, 314; III, 223), sieht de Vries das Schwinden der Säure am Tag (ebenso wie die eben erwähnte „stetig fortschreitende" Säureabnahme, von der die Abnahme im Licht nur eine verstärkte Form ist S. 120) als eine Zersetzung derselben an. Er behauptet „dass die Verminderung der Acididät, wenigstens die unter normalen Bedingungen bei den Fettpflanzen stattfindende, unmöglich auf Neutralisation der Säuren beruhen, sondern nur in deren nahezu völligen Vernichtung oder wenigstens Entfernung aus dem Zellsafte beruhen kann;" (a. a. O. S. 109) „dass weitaus der grösste Theil der producirten Säure, ohne jede Spur zurückzulassen, aus dem Zellsafte, und somit offenbar auch aus der ganzen Pflanze verschwindet" (S. 110). — Eine „Zersetzung" der Säure in dieser Art ist, wie wir später sehen werden, ganz unmöglich. —

Soweit ich die Verhältnisse kenne, erleidet die freie Säure jedenfalls zweierlei Veränderungen; ob noch mehrere, muss dahin stehen: unmerklich und wie es den Anschein hat, unter normalen Verhältnissen stetig, nicht an periodisch wirkende Kräfte gebunden, unter besondern Umständen aber auch die Acidität augenfällig verändernd (Wärmewirkung!) wird die Säure neutralisirt, gebunden, wesentlich an Kalk. So wenig auffällig dieser Process der allmähligen Neutralisation der Säure und die Herstellung des Malats gewöhnlich ist, so gewaltig ist der von ihm erzielte Endeffect: durch diesen Process wird schliesslich, wie wir oben gesehen haben, bis zur Hälfte des Körpergewichts Kalksalz erzeugt. — Dieser hochwichtige Process ist bisher nicht erkannt oder in seiner Bedeutung nicht gewürdigt worden.

Eine zweite Art der Veränderung, welche die Säure erfährt, ist von der vorigen grundverschieden; es handelt sich nicht um eine Bindung, sondern um Herstellung eines andern chemischen Körpers aus ihr, um, wie ich annehmen muss, die schliessliche Bildung von Kohlehydrat, und diese ist nicht etwa ein stetiger, sondern ein auffallend periodischer Process, gebunden an die Mitwirkung des Lichts und des Chlorophylls.

1. Die freie Säure geht in Kalkmalat über.

Es darf wohl als selbstverständlich angenommen werden, dass das in den Organen sich nach und nach anhäufende Kalkmalat zu der ungebundenen Aepfel-

säure in genetischer Beziehung steht, und es liegt wohl auch nahe anzunehmen, dass die bewegliche und veränderliche freie Säure mit der Bindung an Kalk gewissermassen in Ruhe gebracht wird. Immerhin aber mag hervorgehoben sein, dass wirklich eine Reihe von Erfahrungen dafür sprechen, dass die freie Aepfelsäure das Primäre, das Malat das Secundäre ist: so das Vorwiegen der freien Säure in jungen, eben erst sich bildenden Organen; die allmähliche Anhäufung des Malats während der Erstarkung der Pflanze, indess die freie Säure relativ gleich bleibt; das oft deutliche Schwinden der Säure unter Mehrung des Malats im permanenten Dunkel; der gleiche Vorgang bei experimentell erhöhter Temperatur u. s. w.

Gegenüber der an die periodische Lichtwirkung gebundenen Umwandlung der Aepfelsäure in Zucker erscheint die Bindung der Aepfelsäure an Kalk ein mehr permanenter und stetig sich vollziehender Vorgang. Am klarsten kommt derselbe zum Ausdruck, wenn man Pflanzen in anhaltendes Dunkel versetzt. Da tritt (Tabelle IX) allmähliche Vermehrung des Malats ein, während man die freie Säure sich mindern sieht. Es wird ohne Zweifel erlaubt sein anzunehmen, dass die allmählige Entsäuerung, wenn nicht ausschliesslich, doch zum Theil mit der Malatbildung zusammenhänge. Hier würde also dann das Heraustreten der Beziehung nicht durch die periodische nächtliche Säurebildung getrübt.

Welche äussere oder innere Veranlassung zur Bindung der freien Säure führen, darüber weiss ich wenig Bestimmtes auszusagen:

1. Natürlich muss zur Herstellung von Kalkmalat vor allem das Material, Kalk, vorhanden sein. Die Crassulaceen lieben im Allgemeinen den Kalkboden*), sie leben auf Kalkfelsen und Schiefer, werden wenn nicht als kalkstet, als kalkhold anzusehen sein. — Ich habe eine Anzahl Versuche über die Wirkung des Kalkes im Boden auf folgende Weise angestellt. Möglichst gleiche Exemplare wurden, die einen in gewöhnlicher, die andern in die gleiche, aber stark mit Kreide versetzer Erde Monate lang cultivirt. Das Resultat der Versuche, in Tabelle X zusammengestellt ergibt, dass der Saft der kalkgedüngten Pflanzen entschieden malatreicher war, als der der ungedüngten. Obwohl in dem Gedeihen der Pflanzen sich von dieser

*) Man vgl. z. B. über *Semperviven* Unger, Ueber den Einfluss des Bodens auf die Vertheilung der Gewächse 1836 S. 357; ferner S. 181 u. s. w.; aber auch Kerner, Kultur der Alpenpflanzen 1864 S. 86 und 109. — Ueber die canarischen Crassulaceen hatte mein verehrter College v. Fritsch die Güte mir aus eigener Anschauung Folgendes zu berichten: „Die meisten der canarischen Crassulaceen kommen auf Basalt, auf Basalttuff und ähnlichen Gesteinen vor, die sehr oft in Klüften Kalkspath führen und reichlich Kalksalze liefern."

Differenz noch keine Wirkung nachweisen liess, so darf doch mit Bestimmtheit eine solche bei längerer Cultur erwartet werden.

2. Es ist eine in den meisten meiner Versuche hervortretende Thatsache, dass in Analysen, wo Nacht auf Tag folgt, nicht bloss die Säure, sondern mit grosser Regelmässigkeit auch das Malat vermehrt erscheint. Die Versuche Tabelle IVa no. 2ff. zeigen das unzweideutig. Der umgekehrte Fall, dass das Malat nach der Nacht auf den Tag vermehrt werde, ist unten, wo es sich um die Frage handelt, ob die tägliche Entsäuerung eine Neutralisation sei, berührt und zu verneinen; Tabelle XIII. Um so klarer liegt also die Thatsache, dass sich Nachts neben der Säure auch das Malat gewöhnlich deutlich vermehrt. Die Thatsache liegt vor. Welche Factoren aber dabei wirksam sind, dass in der Nacht eine prononcirte Malatbildung hervortritt, wüsste ich zur Zeit ebensowenig zu sagen, als ich die wahren Ursachen der nächtlichen Säurebildung kenne. Es ist klar, dass nur die Wirkung des Lichtes selbst, nicht aber der Mangel desselben als eine directe Reizursache angenommen werden kann; dass es sich, wenn bei Lichtmangel gewisse Erscheinungen eintreten, darum handelt, durch den Lichtmangel veranlasste secundäre Ursachen als Reizursachen zu betrachten. Solche secundäre durch Lichtmangel hervorgerufene Erscheinungen wären z. B. die Sistirung des Assimilationsprocesses und damit die Sistirung einer innern Sauerstoffquelle; ferner führt der Mangel directen Lichtes Temperaturunterschiede im Gefolge u. s. w.

3. In wieweit der erste Factor, geringere Darbietung von freiem Sauerstoff im Gewebe maassgebend sein könnte für die nächtlichen Säureerscheinungen, habe ich nicht untersucht. Dagegen über die Bedeutung der Temperatur Versuche angestellt, die mir freilich ein nicht erwartetes Resultat ergaben. Von der Vermuthung ausgehend, dass möglicherweise die nächtliche Temperaturerniedrigung die Malatbildung begünstige, hatte ich das Malat von gewöhnlichem Nachtsaft und solches von Pflanzen, die Nachts erhöhter Temperatur ausgesetzt waren, bestimmt. Zu meinem Erstaunen zeigte sich, dass gerade durch erhöhte Temperatur die Malatbildung ungemein begünstigt wird. Daneben ergab sich, dass die freie Säure unter diesen Verhältnissen Nachts wenig oder gar nicht vermehrt, ja in den meisten Fällen sogar energisch vermindert wird.*) Dass erhöhte Temperatur die Bindung der Aepfelsäure an Kalk begünstigt, kann demnach kein Zweifel sein. Dagegen liegt die Wirkung derselben

*) Es ist erfreulich zu sehen, dass de Vries, von andern Gesichtspunkten ausgehend, wenigstens einen Theil dessen, was ich gefunden, auch gefunden hat, nämlich Abnahme der Acidität des Saftes bei künstlich erhöhter Nachttemperatur. a. a. O. S. 92 ff.

auf die Bildung freier Säure nicht ohne Weiteres klar. Es wäre möglich, dass Erhöhung der Temperatur die nächtliche Säurebildung gleichfalls begünstige, dass das Resultat aber bei der gleichzeitig und energischer begünstigten Bindung derselben nicht in die Erscheinung (als erhöhte Acididät) träte; es wäre aber auch eine directe Beeinträchtigung der Bildung freier Säure durch hohe Temperatur nicht ausgeschlossen. Es muss der Entscheid besondern Versuchen überlassen bleiben.*)

2. Die Umwandlung der freien Säure im Licht.

Sobald am Morgen das Licht erscheint, beginnt der Zellsaft sich wieder zu entsäuern; und die Entsäuerung des Saftes geht solange fort, als der Tag währt. Dass es sich bei dieser täglichen Entsäuerung um eine Wirkung des Lichtes handelt, ist von andern Forschern und mir**) ohne Weiteres angenommen worden, und erschien auch sofort plausibel, da man sah, dass die verschiedenen Lichtstrahlen verschieden wirken („Wasservertheilung" IV S. 49—50) und dass der Chlorophyllgehalt der Organe mit im Spiele war.

Von den früheren Autoren hat zunächst Ad. Mayer durch eine Reihe von Betrachtungen und Versuchen darzuthun gesucht, dass aus der am Tage verschwindenden Aepfelsäure Kohlehydrate werden (II, 314 und III, 223). Zu der gleichen Auffassung bin auch ich durch die unten auszuführenden Thatsachen geführt.

Dagegen nimmt später de Vries, wie oben angegeben, an, dass die tägliche Entsäuerung auf einer „völligen Vernichtung" derselben beruhe; dass die Säure „zum weitaus grössten Theil ohne jede Spur zurück zu lassen aus dem Zellsaft und somit auch aus der ganzen Pflanze verschwinde". Verhielte sich die Sache wortwörtlich in dieser Weise, da müsste also am Tage bei Beleuchtung der Pflanze Kohlenstoff in irgend einer Form ausgeschieden werden; denn zum Verschwinden der Aepfelsäure „ohne jede Spur" „aus der ganzen Pflanze" würde jedenfalls auch die Entfernung des C aus der Pflanze gehören. Eine solche exorbitante Erscheinung von Kohlenstoffausscheidung im Licht hat aber bisher Niemand constatirt und am allerwenigsten

*) Am Schlusse dieser Betrachtungen über das Kalkmalat mag hier noch kurz erwähnt sein, dass der Nachweis desselben in den Zellen auch auf mikroskopischem Wege gelingt. Die Erscheinungen beim Einlegen von Schnitten oder ganzen Pflanzentheilen in 96 % Alcohol sind denen ganz ähnlich, die man an Jnulin-Pflanzen gewahrt. Schnitte zeigen, bei dem raschen Eindringen des Alcohols einen dichten feinkörnigen, die Durchsichtigkeit der Zellen trübenden Niederschlag; aus ganzen Blättern erhält man dagegen öfter krystallinische Concretionen, die den bekannten kugeligen und maulbeerartigen Gestalten präcipitirten Inulin's lebhaft gleichen aber in kaltem Wasser löslich sind.

*) Vgl. z. B. Ad. Mayer I, 431; Kraus, Sitzb. Naturf. Ges. zu Halle 5. August 1882 oder „Wasservertheilung" IV S. 12 u. s. w.; de Vries a. a. O. S. 120.

hat — was doch gewiss nöthig gewesen wäre — der Autor auch nur den Schatten eines Beweises dafür gebracht. Ich bin daher gemeint, dass es sich bei dem Ausdruck spurlose Entfernung „aus der Pflanze“ um einen lapsus calami handle, und dass die Ansicht des Autors vielmehr die ist, dass die Säure gänzlich „zersetzt“, also wohl in CO_2 und H_2O verwandelt werde und auf diesem Wege etwa nur „aus dem Zellsaft“ verschwinde. In der That widmet de Vries der Zersetzung, welche künstliche Lösungen von Pflanzensäuren spec. Oxalsäure im Licht erfahren, und welche vor ihm schon Ad. Mayer (II, 320 u. s. w.) sowie Pfeffer (Pfl. Phys. I, 200) erörtert hatten, noch einmal ein ausführliches Kapitel und parallelisirt die Erscheinungen an künstlichen Lösungen und an der lebenden Pflanze vollständig (a. a. O. S. 110—119). So interessant diese Gegenüberstellung thatsächlich ist, und so wenig ich gewillt bin, den möglichen Werth einer solchen zu unterschätzen, — das muss betont werden, dass die Berechtigung des Vergleichs denn doch erst eingehenderer Beweise bedarf: die Quantität der Aepfelsäure, die in künstlichen Lösungen vom Licht zersetzt wird, ist gegenüber den grossen Mengen, die in der lebenden Pflanze bei der Belichtung verschwinden, so unvergleichlich gering, dass man zunächst an der Identität der Processe zweifeln darf; todte Blätter insolirt, erleiden wie bereits Ad. Mayer gezeigt hat (II, 224) und wie ich dafür oder für reinen Saft bestätigen kann*), keine Säureabnahme eher Zunahme; auch sind die Lichtstrahlen, welche in künstlichen Lösungen und im lebendigen Gewebe mit Bevorzugung wirken, nicht dieselben. Nach meinen Untersuchungen wirken im lebenden Gewebe die „leuchtenden“ Strahlen bevorzugt, nach de Vries in künstlichen Lösungen „die chemischen“ (a. a. O. S. 115).

Wenden wir uns jetzt zu dem thatsächlich Festgestellten:

1. Dass die Aepfelsäure am Tage in der That eine Minderung erleidet, ist mit völliger Sicherheit bereits von Ad. Mayer (II, 307 u. s. w.) festgestellt. In

*) Ich will nur ein Paar Beispiele anführen. *Bryophyllum*-Blattpaare, lebend und (durch Eintauchen in kochendes Wasser) getödtet dem Sonnenlicht exponirt. Acidität von 1 cc Saft.

1. Versuch. Früh 8 Uhr Controlle 4,4	Abends 5 Uhr.		
		lebend	0,6
		todt	5,4
2. Versuch. Lebende und todte Blätter exponirt ergeben	Morgens	lebend	3,3
	Abends	todt	4,3
3. Versuche mit *Echeveria*. Analog angestellt.	Morgens	lebend	4,5
	Abends	todt	4,2
4. Desgl. Versuche mit *Sempervivum*.	Morgens	lebend	4,8
	Abends	todt	5,0

meiner Tabelle XII ist zunächst der Nachweis geliefert a) dass die Aepfelsäure am Tag wirklich vermindert wird, b) dass der Verlust an freier Aepfelsäure der Hauptsache nach gewiss nicht durch Bindung derselben, durch Herstellung von Salz, bewirkt sein kann. Den Beweis für letzteren Satz habe ich bereits in den Sitzungsberichten der Naturforschenden Gesellschaft (Sitzung 5. August 1882) und in dem 4. Heft der „Wasservertheilung" S. 58 gegeben. Eine Anzahl von Malatbestimmungen am Morgen und am nachfolgenden Abend sind ausserdem noch in Tabelle XIII gegeben.*)

2. Während des Tages, also während die Säure als solche aus dem Zellsaft verschwindet, mehrt sich im Zellsaft der Zucker. Das ist aus Tabelle XIV klar; aus den bereits früher angeführten Analysen ist ersichtlich, dass auch die Stärke sich mehrt. — Die genannten Versuche sind unter normalen Verhältnissen, also so angestellt, dass die Pflanze zugleich assimilirt. Unter diesen Verhältnissen können die auftretenden Kohlehydrate (Zucker und Amylum) noch nicht nothwendig in Beziehung zu der verschwindenden Aepfelsäure gebracht werden; es könnten dieselben auch Assimilationsproducte sein.

3. In der Tabelle XV sind zahlreiche Versuche vorgeführt, wo in CO_2-freiem Raum experimentirt wurde: exponirt man Pflanzen dem diffusen oder Sonnen-Licht unter Ausschluss der Kohlensäure, so zeigt sich die obige Zunahme an Zucker im Zellsaft gleichfalls. Ich habe diese Thatsache schon in „Wasservertheilung" IV S. 56 mit Zahlen belegt; in der unten aufgeführten Tabelle XV sind lange Zahlenbelege dafür. Der auftretende Zucker ist also sicher kein Assimilationsproduct. Man könnte freilich noch den Einwand machen, dass er nicht aus der verschwindenden Aepfelsäure, sondern aus den im Blatt vorfindlichen Stärkekörnern gebildet sei. Unter normalen Verhältnissen möchten sich wohl am Tage Zucker und Stärke vermehren (wie oben bewiesen ist), bei Abschluss von CO_2 aber könne immerhin der Zucker sich mehren, aber auf Kosten sich mindernder Stärke. — Allein dieser Einwand trifft nicht zu: wie die Tabelle XVI zeigt, wird innerhalb kurzer Zeiträume, um die es sich hier handelt, bei den Crassulaceen, bei Insolation im CO_2-freien Raum nicht bloss der Zucker, sondern auch die Stärke vermehrt.

Unter diesen Verhältnissen gelangt man mit immer grösserer Schärfe auf den Schluss: dass die am Tage verschwindende Aepfelsäure das Materiale für die Bildung des neuauftretenden Kohlehydrats (Zucker, oder auch Stärke) sei.

---

*) Es wäre noch genauer zu untersuchen, ob nicht am Tage unter bestimmten Umständen sogar eine Verminderung des Malats eintritt.

Freilich bleibt immer noch der Einwurf übrig, dass die offenbar im Stoffwechsel und nicht durch Assimilation bei Tag entstehenden Kohlehydrate aus andern Muttersubstanzen, z. B. aus den bereits oben berührten „unbestimmten“ Stoffen des Zellsaftes entstünden. Diese bilden ja eine nicht zu unterschätzende Quantität der löslichen Substanz und mindern sich thatsächlich am Tage, wie Tabelle VII ausweist. — Was unter diesen „unbekannten“ Substanzen des Zellsaftes Alles verborgen sein mag, muss zur Zeit natürlich dahin stehen; dass Gerbsäure, ev. auch Farbstoffe, dass lösliche N-haltige Substanzen dabei sind, weiss ich mit Bestimmtheit; nicht dagegen, ob für eine der Substanzen überhaupt mit einigem Grunde der Anspruch als Muttersubstanz der Kohlehydrate erhoben werden könnte. — —

Dagegen lassen sich für die Aepfelsäure als Muttersubstanz von Kohlehydraten noch eine Anzahl bisher nicht erwähnter Gründe anführen: a) dass der Uebergang von Aepfelsäure in Kohlehydrat theoretisch möglich ist, wurde bereits hervorgehoben; b) wenn unsere obige Annahme, dass die Aepfelsäure in der Nacht aus Kohlehydraten gebildet wird, richtig ist — dann gewinnt auch die Annahme, dass sie wieder in Kohlehydrat zurückgehen könne, an Wahrscheinlichkeit; c) die Aepfelsäure leistet eine apriorische Forderung, die an die Muttersubstanz der am Tage in CO_2-freier Atmosphäre gebildeten Kohlehydrate gestellt werden muss. Bekanntlich hat Ad. Mayer nachgewiesen, dass die Crassulaceen, beleuchtet, auch im CO_2-freien Raume, Sauerstoff auszuscheiden vermögen. Der Vorgang darf ohne Zweifel so gedeutet werden, dass hier aus sauerstoffreicherer Muttersubstanz im Licht ein sauerstoffärmerer Körper entsteht; wenn sich Kohlehydrat aus Aepfelsäure bildete — würde sich thatsächlich ein sauerstoffärmerer Körper aus sauerstoffreicherer Substanz bilden; d) wir werden endlich gleich zu begründen haben, dass mit der Entsäurung am Tage die Chlorophyllthätigkeit in einem bestimmten Zusammenhang stehen muss; wir sind aber seit den maassgebenden Arbeiten von Sachs gewohnt, Chlorophyllthätigkeit und Kohlehydratbildung als identisch anzusehen.

5. Ich habe im Laufe meiner Beobachtungen und Versuche eine Reihe von Thatsachen gewonnen, die sich so deuten lassen, dass die sich am Tage vollziehende Entsäuerung mit dem Chlorophyllgehalte der Organe und mit den Bedingungen der Chlorophyllthätigkeit in näherem Zusammenhange steht:

a) Bereits oben ist hervorgehoben, dass, wie Tabelle IV b zeigt, der Chlorophyllgehalt der Organe bei dem Säurewechsel derselben entschieden von Einfluss ist; dass chlorophyllreichere Organe besser Säure bilden und entbilden, als chlorophyllarme; ja es ist nach meinen Beobachtungen die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass

chlorophyllfreie Organe nicht oder nur im Zusammenhang mit chlorophyllhaltigen (also secundär) Säurewechsel aufweisen.

b) Dass die gegebene Lichtfülle, Lichtstärke, die Grösse der täglichen Entsäuerung beeinflusst, wie sie ja auch die Assimilationsgrösse beeinflusst, geht aus den Versuchen von Tabelle XVII hervor. Die tägliche Entsäuerung ist um so geringer, je entfernter die Pflanzen — caeteris paribus — von der Lichtquelle stehen.

c) Dass endlich die Entsäurung von denselben Lichtstrahlen begünstigt wird, die auch die Assimilation begünstigen, habe ich bereits in „Wasservertheilung“ IV S. 51—52 berichtet und unten am Schlusse der Tabelle XVII noch einige schlagende Zahlen vorgeführt. Wie de Vries (a. a. O. S, 106—108) zu gegentheiligen Resultaten gelangen konnte, ist mir um so weniger erfindlich, als wiederholte Versuche meines Assistenten Herrn Dr. Lange nicht nur die Resultate meiner Versuche, die mit Lösungen von Kaliumbichromat und Kupferoxydammoniak angestellt waren, bestätigt haben, sondern auch solche mit farbigen Gläsern (Rubin- und Kobaltglas), welche de Vries verwendete, dieselben Ergebnisse lieferten. Uebrigens folgt der Entsäuerungsvorgang in diesem Verhalten einfach nur der allgemeinen Regel, dass chemische Processe in der Pflanze nicht von den sog. chemischen, sondern von den leuchtenden Strahlen begünstigt werden (Sachs, Lehrbuch 4. Aufl. S. 709).

6. Durch die eben genannten Erfahrungen werden wir unmittelbar vor die Frage gedrängt, wie man sich denn die Wirkung des Lichtes auf die Säure im Verein mit dem Chlorophyll zu denken habe. Ist die Lichtwirkung zunächst ein Process sui generis, und ist die Chlorophyllbetheiligung nur secundär, d. h. wird die Aepfelsäure durch selbstständige Lichtthätigkeit chemisch verändert und erst die Zersetzungsproducte (CO_2) von der normalen Chlorophyllthätigkeit in Arbeit genommen? — Oder ist die Bedeutung des Lichtes für die Umbildung der Aepfelsäure überhaupt nur eine secundäre, wirkt der Lichtstrahl nur in seiner Thätigkeit im Chlorophyllkorn? und darf man sich denken, dass die Chlorophyllarbeit bei den Crassulaceen zugleich auch von der Aepfelsäure auszugehen vermöge, wie sie für gewähnlich von der atmosphärischen Kohlensäure anhebt?

Als Basis für die erste Annahme, dass das Licht selbstständig die Säure zersetze, könnte auf alle Fälle die Erfahrung an künstlichen Säurelösungen, die bereits meine Vorgänger in's Auge gefasst, dienen. Aber wir haben auch festgestellt, dass dem Parallelisiren der Processe noch ernstliche Bedenken entgegenstehen; auch müsste zugegeben werden, dass zu einer energischen Umbildung der Säure nachträglich die Chlorophyllwirkung doch nicht entbehrt werden könne.

Bei der zweiten Annahme, eines directen Angriffs des Chlorophylls auf die Säure, würde der Gedanke einer einheitlichen Wirksamkeit des Chlorophylls bei allen Pflanzen fallen müssen. Ich glaube aber die Physiologen würden sich dazu nur unter dem Zwange unumstösslicher Thatsachen entschliessen. — Wir müssten, bei einfacher Annahme dieser Alternative, sogar zugeben, dass bei den Crassulaceen das Chlorophyll bald von der atmosphärischen Kohlensäure, bald von der Säure seine Thätigkeit beginnen könne!

Am ehesten will mir noch eine dritte Annahme plausibel erscheinen, die, dass die Chlorophyllthätigkeit durch ihre secundäre Wirkungen für die Säureumbildung nothwendig sei. Es liesse sich denken, dass der bei der normalen Chlorophyllthätigkeit frei werdende Sauerstoff den ersten Angriff auf die Säure besorge, und ihre schliessliche Verbrennung zu CO_2 oder auch Abspaltung von CO_2 einleite, zu Kohlensäure, die ihrerseits im normalen Chlorophyllverfahren wieder assimilirt werde. Die Versuche in CO_2-freier Atmosphäre, wo eine primäre Chlorophyllthätigkeit ausgeschlossen erscheint, würden hier nur scheinbar widersprechen. Solche Versuche sind in unserm Falle weniger stringent, als es den Anschein hat. Es bleibt zu fragen, ob es möglich ist, jede, auch geringste Spur CO_2, wie sie ev. durch Athmung entsteht, durch die Versuchsanordnung auszuschliessen. Eine Spur Kohlensäure aber würde genügen, normale Chlorophyllthätigkeit im Licht einzuleiten, und der einmal eingeleitete Process gewährleistete dessen Fortsetzung.

Diese, und gewiss auch andere Möglichkeiten liessen sich bei speciellen Untersuchungen über die Ursachen der Entsäuerung überlegen.

Endlich mögen hier noch einige Hinweisungen auf die Bedeutung der Temperatur für den Entsäuerungsprocess gemacht werden. Wir haben oben kennen gelernt, dass die Säurebildung in der Nacht selbst bei auffallend niederer Temperatur vor sich geht. Der Process der Entsäurung am Tage verhält sich jedenfalls nicht in gleicher Weise. Nach den Versuchen, die mir vorliegen (Tabelle XVIII), geht für *Bryophyllum* innerhalb eines (Winter-)Tages bei einer Temperatur von 4—5 ° C gerade noch eine messbare, bei 10—11° eine deutliche, bei 18° eine sehr ansehnliche Entsäuerung vor sich, immer gleiche, diffuse, Belichtung vorausgesetzt. *Echeveria* und *Sempervivum* verhalten sich insofern anders, als bei ihnen zwar in der Wärme besser entsäuert wird, als in der Kälte, aber selbst bei wenigen Graden Wärme immer noch deutliche Entsäuerung stattfindet.

Noch in einer andern Richtung sind meine wenigen hierher gehörigen Ver-

suche von Interesse; sie zeigen nämlich (Tabelle XVIII n. 5 ff.), dass zwischen Entsäuerung und Kohlehydratbildung im Licht ein deutlicher Parallelismus vorhanden ist, dass in der Kälte, wie weniger entsäuert, so auch weniger Kohlehydrat gebildet wird, als in der Wärme. Und insofern können sie als ein neuer Beleg für die Richtigkeit unserer Anschauung von der Zusammengehörigkeit der Aepfelsäure und Kohlehydrate betrachtet werden.

Schlussergebnisse.

Nach den vorgelegten Thatsachen lässt sich meines Erachtens das Auftreten von Aepfelsäure und äpfelsauren Salzen bei den Crassulaceen in folgender Weise nehmen:

Die genannten Pflanzen sind nicht etwa dadurch ausgezeichnet, dass sie Pflanzensäure im Assimilationsprocess erzeugen, sie bilden vielmehr, wie gewöhnliche Pflanzen, bei der Aufnahme atmosphärischer Kohlensäure im Licht Kohlehydrate. Was sie auszeichnet ist, dass diese Kohlehydrate im Verlaufe ihres Stoffwechsels einen Durchgang durch Pflanzensäure, speciell Aepfelsäure, zu machen haben. Wesentlich in der Nacht wird aus Kohlehydrat Aepfelsäure erzeugt. Diese zunächst freie Aepfelsäure ist aber nicht bestimmt, an sich eine grosse Rolle zu spielen, wenigstens wäre ich nicht im Stande, für jetzt eine anzugeben; sie unterliegt vielmehr, soweit bekannt, jedenfalls zweierlei Schicksal.

Einmal wird sie in auffälliger Weise bei Tag in einen nicht sauren Körper verwandelt, als den unsere Untersuchungen mit Wahrscheinlichkeit Kohlehydrat erkennen lassen. Welche Bewandtniss im Speciellen es mit dieser täglichen Wandlung habe, weiss ich nicht zu sagen; warum in der Nacht Aepfelsäure in Ueberschuss gebildet, warum der Ueberschuss am Tage wieder vernichtet wird, dieser Vorgang ist uns nicht klarer, aber im Grunde auch nicht unklarer, als zahlreiche Stoffwechselvorgänge zwischen der Kohlehydratreihe selbst, wie sie seiner Zeit Sachs in seinen bahnbrechenden Arbeiten aufgedeckt hat.

Klarer in ihrer unmittelbaren Bedeutung erscheint mir das zweite Schicksal, welches von der freien Aepfelsäure bekannt ist; sie wird nämlich auch an Kalk gebunden. Dieses Kalkmalat sammelt sich allmählich während der vegetativen Erstarkung der Pflanze bis zu $^1/_4$, $^1/_3$ ja $^1/_2$ des Körpergewichtes unserer Pflanzen an, um bei den reproductiven Processen wieder zu verschwinden. Es wandert, es verbraucht sich während des Blühens und Fruchtens der Pflanze, ganz ähnlich, wie die

Kohlehydrate und man wird geneigt, dasselbe als eine gleichwerthige Vertretung derselben im Leben unserer Gewächse anzusehen, bestimmt, später wieder in die bekannte Bahn und Verwendung der Kohlehydrate zurückgelenkt zu werden.

Damit ständen wir vor dem bisher unbekannten Falle, dass die Kohlehydrate zum Zwecke der Aufbewahrung — Reservestoffbildung — wieder oxydirt werden. Man darf mit Recht fragen, lässt sich für eine derartige Lebenseinrichtung eine erklärende Annahme machen? Ich wage es auf eine solche hinzudeuten: die Crassulaceen sind Bewohner dürrer, oft äusserst trockner und wasserarmer Standorte (nackte Felsen, Steinritzen, Dächer) und sie leben auf Boden, wo ihnen gewöhnlich Kalk im Ueberfluss zu Gebote steht. Man kann sich vorstellen, dass diese beiden Umstände massgebend geworden sind für die hier offenbar gewordene Lebenseinrichtung unserer Gewächse. Unsere Pflanzen verwandeln ihr tägliches Assimilationsproduct an Kohlehydrat in der Nacht in ein Material, dass an Wasserstoff bez. Wasser ärmer ist, als Kohlehydrat. Sie gewinnen in jeder Nacht von dem zu Kohlehydratbildung am Tag verbrauchten Wasser wieder zurück*), mit dem sie alle Ursache haben sparsam umzugehen. Zur dauernden Fixirung der Aepfelsäure, die im freien Zustand zur massenhaften Anhäufung ungeschickt scheint, dient die Bindung derselben an Kalk, der reichlich zu Gebote steht. Auf diese Weise sichert sich also die Pflanze ein für sie leichter aufzubringendes (H_2O-ärmeres) Reservematerial.

Darnach wäre die Bildung der Aepfelsäure zunächst einmal eine Anpassung an den wasserarmen, kalkreichen Standort; ob die Bildung der Säure nicht auch mit der Constitution der „Fettpflanzen“ (Bildung massiger Körper von bekanntlich auffallend trägem Gasverkehr) in näherem Zusammenhang stehe (oder sonst noch zu den verschiedensten Zwecken „nützliche“ Einrichtung sei), wird zu entscheiden sein. Erfahrungen an andern „Fettpflanzen“ sprechen allerdings dafür.

Ich habe mich in den vorstehenden Untersuchungen ausschliesslich an die Crassulaceen gehalten und zunächst jede Andeutung vermieden, dass die erlangten Ergebnisse auch für andere Pflanzen, insbesondere für die Gewächse, welche man als „Fettpflanzen“ „Succulenten“ u. s. w. bezeichnet, Geltung haben könnten. Nach Allem, was ich weiss, ist das Letztere möglich, ja wahrscheinlich, doch wie weit thatsächlich — das müssen weitere Untersuchungen lehren. Man wird beim Suchen nach gleichen, oder auch nur analogen Verhältnissen, an die *Cacteen*, fleischigen

---

*) Würden aus 2 Molecülen Kohlehydrat 3 Molecüle Aepfelsäure, so betrüge der Gewinn an H_2O jedesmal 2 Molecüle.

Euphorbien, *Agaven*, *Aloë* zu denken haben, da in diesen Pflanzen Kalkmalat in ansehnlicher Menge schon von Vauquelin und Deserres nachgewiesen wurde.*) Für die *Euphorbien* liegen gegründete Hoffnungen z. B. in dem notorisch massenhaften Vorkommen von Kalkmalat in den Milchröhren (de Bary, Anatomie S. 192 und 195), auch kann ich versichern, dass man aus dem Gliedersaft von *Euph. globosa* mit Alcohol mächtige Niederschläge, ganz von dem Aussehen des Kalkmalats, erhält. Von *Echinopsis tubiflora* gaben mir 25 cc reinen Saftes 0,195, von *Aloë Lingua* 20 cc Saft 0,118 eines Salzes, das allem Anscheine nach im Wesentlichen Kalkmalat ist. Hier mögen ja wohl bei näherem Zusehen noch interessante Verhältnisse zu finden sein.

Zur Geschichte des Gegenstandes.

1. Aepfelsäure und Malat in den Crassulaceen.

Ueber das Vorkommen von Malat und freier Aepfelsäure in den Fettpflanzen liegen schon alte Angaben, aus dem Anfange dieses Jahrhunderts vor. Meinen Vorgängern scheinen dieselben gänzlich unbekannt geblieben zu sein. Dieser Umstand mag es entschuldigen, wenn ich es unternehme, dieselben, möglichst im Wortlaut, wieder an's Licht zu ziehen.

1. Bekanntlich wurde die Aepfelsäure von Carl Wilhelm Scheele vor heute gerade 100 Jahren und zwar als die letzte der 4 gewöhnlichen Pflanzensäuren in unsern Beerenfrüchten und Aepfeln entdeckt. Die Originalpublication darüber steht in Kongl. Vetenskaps Academiens nya Handlingar Tom. VI. För År 1785. Stockholm 1785. S. 17—27. „Om Frukt-och Bär-syran af Carl Wilhelm Scheele". Deutsch übersetzt erschien die Abhandlung alsbald in den „Chemischen Annalen" von Lorenz Crell. 10 Stück. 1785. S. 291—303, und etwas später in der Uebersetzung der Abhandlungen der schwedischen Academie von Kästner und Brandis Bd. 6 1786 S. 16—25. — Lateinisch in Scheele's „Opuscula chemica et physica" von G. H. Schaefer Vol. II. Lips. 1789 p. 196—208.

Der Name „Aepfelsäure", der nicht im Titel der Abhandlung erscheint, tritt aber schon im Originaltext (S. 21 § 5) auf „Äple-syra", was von Crell (a. a. O. S. 296 u. s. w.) mit dem noch heute gebräuchlichen „Aepfelsäure" (Kästner a. a. O. S. 20 sagt Apfelsäure) übersetzt wird. —

---

*) Man vgl. die diesbezüglichen Stellen in der unten angeführten Literaturübersicht.

2. Allein der Erste, welcher die Aepfelsäure in Vegetationsorganen und zwar gerade bei einer Crassulacee nachgewiesen, auch zugleich freie Säure und Malat festgestellt hat, ist Vauquelin: „Notice sur la présence du malate de chaux dans le suc de joubarbe, sempervivum tectorum L." in Annales de Chimie. 30 Germinal, an VIIIe (Tome XXXIV) p. 127—129. Ich will das Wesentliche aus dieser interessanten Notiz wörtlich hervorheben:

„En faisant dernièrement une leçon sur les sucs des plantes, je fus frappé de la grande quantité de matière que les alcalis séparoient du suc de joubarbe; cela me fit naître le desir de le soumettre à un examen plus approfondi. L'expérience m'apprit bientôt que cette matière précipitée étoit formée de chaux, unie auparavant dans la plante avec l'acide malique. Je reconnus facilement que le malate de chaux étoit très-abondant dans la joubarbe, et qu'il y auroit plus d'avantage à l'en extraire que des pommes, pour les expériences de chimie. Il y a deux méthodes simples pour y parvenir. — — On s'étonnera peut-être que le suc de joubarbe contienne une aussi grande quantité de malate de chaux, si on se rappelle que ce sel est insoluble par lui même: mais la chose s'explique aisément, si l'on sait que cette plante contient de l'acide malique en excés.

Il y a une assez grande quantité de sucre dans le suc de joubarbe pour qu'il puisse fermenter et fournir de l'eau de-vie. Il donne, par l'évaporation, un sirop qui ressemble exactement à celui des pommes, si l'on en a séparé le malate de chaux.

La racine de joubarbe renferme aussi une grande quantité de malate de chaux; le suc qu'elle fournit à l'odeur des raves.

On remarquera sans doute que la plante dans laquelle j'ai trouvé le malate de chaux, est très-différente de celles qui ont fourni jusqu'ici l'acide malique aux chimistes, et que c'est la seule qui ait encore offert cet acide uni à la chaux: les fruits à pépin, quelques fruits à noyau et plusieurs baies, sont les seules parties des plantes où on l'ait reconnu.

Je présume que cet acide existe au même état dans les plantes grasses, et particulièrement dans le genre des sedum: c'est ce que je me propose d'examiner à mesure que la saison le permettra."

3. In einer im Messidor desselben Jahres folgenden weiteren Notiz „Sur la présence du malate de chaux dans plusieurs genres de plantes" a. a. O. Tome XXXV 30 Messidor an VIIIe p. 153—160 zeigt er die Richtigkeit seiner am Schlusse der ersten Notiz ausgesprochenen Vermuthung. Zugleich hat auch Deserres ähnliche Erfahrungen gemacht; ich führe auch hier die interessanten Stellen wörtlich an:

„Dans le tom. XXIV pag. 127 des Annales de chimie, j'ai inséré une notice ayant pour objet le malate de chaux contenu dans la joubarbe; j'ai dit que je présumois que ce sel existoit aussi dans d'autres plantes, et particulièrement dans le genre des sedum; j'ai promis de vérifier ce soupçon à mesure que la saison le permettroit. — — La propiété qu'ont encore les sucs de plantes qui contiennent du malate de chaux de donner avec l'alcool un précipité blanc, qui, quand il est réuni, ressemble à une espèce de bouillie très blanche, très-homogène et très-douce au toucher, est encore un excellent caractère pour faire reconnoître et distinguer cette substance. — — C'est à l'aide des propriétés qui viennent d'être exposées, que j'ai trouvé le malate de chaux, 1° dans les *sedum album, acre et telephium*; 2° dans plusieurs espéces de *crassula*; 3° dans tous les *cotyledons* que j'ai examinés; 4° dans beaucoup de *mesembrienthemum*; mais infiniment moins que dans les crassula, les sedum etc. 5° dans le pourpier ordinaire: je n'en ai trouvé que très-peu dans les raquettes et les aloés. — — Le malate de chaux dans les plantes dont je viens de nommer les genres, est accompagné tantôt par le sucre, tantôt par le mucilage, et quelquefois par l'un et l'autre ensemble; — — Voilà donc l'acide malique beaucoup plus répandu qu'on ne l'avoit cru jusqu'ici, car on ne l'avoit encore trouvé que libre, formant une partie du jus de quelques fruits: on ne savoit pas qu'il existe à l'état de combinaison dans toutes les parties de quelques genres de plantes, où peut-être il joue des rôles importans en subissant des changemens au différentes époques de la vie des végétaux".*)

4. Unser *Sempervivum tectorum* wird auch später wiederholt benutzt, um die Aepfelsäure chemisch zu studiren, und dabei ist das Kalksalz immer zur Beobachtung gekommen. So von Donovan in Philosophical Transactions 1815 p. I S. 237 (vgl.

---

*) Nous ajouterons à cette notice du cit. Vauquelin, l'extrait d'une lettre du cit. Deserres, de Clermont, en date du 30 prairial.

„Dans le même temps, dit le cit. Deserres, que le cit. Vauquelin a fait connoître l'acide malique joint à la chaux, dans une joubarbe, *sempervivum tectorum*, je faisois une remarque analogue: je m'avisai de mâcher quelques fragmens d'une petite joubarbe, vulgairement appelée trique-madame; l'ayant trouvé acidule, j'en exprimai le suc, auquel j'ai reconnu les propriétés suivantes, 1° de rougir la teinture de tournesol; 2° de donner un précipité abondant avec les nitrates de plomb et d'argent etc. Je me convainquis en outre par d'autres expériences, que ce suc contenoit du malate de chaux tenu en dissolution par un excés d'acide malique, comme le phosphate de chaux dans l'urine."

„J'ai encore trouvé, ajoute le cit. Deserres, le malate de chaux dans le *cactus opuntia, l'agave americana, le sedum acre* et d'une espèce *d'aloès* que je ne puis bien désigner, mais dont le suc avoit parfaitement l'odeur de l'aloès succotrin."

Note des Rédacteurs.

auch Ann. Chim. et Phys. T. I 1816 p. 290); ferner von Gay-Lussac in Ann. Chim. et Phys. T. VI Novbr. 1817 (übers. in Schweigger's Journal f. Chemie und Physik Bd. XXI 1817 S. 216—218) und H. Braconnot in Annales de Chim. et Phys. T. VI 1817 p. 239. — Houtou-Labillardière benutzte unser *Sempervivum*, um die Identität von Scheele's bezw. Vauquelin's Aepfelsäure und Donovan's Vogelbeersäure nachzuweisen (Ann. de Chim. et Phys. Tome VIII 1818 p. 214—216).

5. Trotz dieser vielfachen Erwähnung der Aepfelsäure und des Malats unserer Pflanzen in der ältern Literatur, und trotz der Thatsache, dass *Sempervivum tectorum* sogar in Gmelin's Handbuch der Chemie (V. Bd. 1852 S. 339) als Material für die Darstellung der Säure empfohlen wird, scheint die Kunde besonders über das Malat später verschollen zu sein. In Schleiden's „Grundzügen" I. Aufl. 1842 S. 188 ist der äpfelsaure Kalk noch erwähnt, aber schon in Rochleders Phytochemie (1854 S. 76) wird des Malats nicht mehr gedacht, und Ad. Mayer (I, 440) hat, dem Wortlaute seiner Darstellung nach, Säure und Malat offenbar erst auf eigene Hand wieder entdeckt.

2. Periodicität der Acidität und ihre Ursachen.

Das Folgende soll bloss die Chronologie unserer Kenntnisse in der im Titel genannten Richtung klar stellen; eine kritische Besprechung ist den Arbeiten, soweit es nöthig war, oben im Text zu Theil geworden.

1813. Entdeckung der veränderlichen Acidität bei Tag und Nacht durch Benjamin Heyne an *Bryophyllum*. Transactions of the Linnean Society of London Vol. XI p. II S. 213.

1818. Link's weiterer Verfolg des Gegenstandes auch bei andern Pflanzen. Jahrbücher der Gewächskunde von K. Sprengel, Schrader und Link. Bd. I Heft 2 1820 S. 73—76.

Vgl. über diese erste Literatur des Gegenstandes „Wasservertheilung" S. 14 ff. — Bei der wesentlich anatomischen Richtung der nun folgenden Zeit war es kein Wunder, dass eine Erscheinung, die mikroskopisch nicht verfolgt werden kann, bei den „Physiologen" jener Zeit keine weitere Beachtung, geschweige denn Pflege gefunden. Die an sich gewiss merkwürdige Thatsache verschwindet ganz aus der botanischen Literatur (z. B. bei Treviranus, Decandolle, Meyen sucht man vergebens). Dagegen ist es von Interesse zu sehen, dass unsere obige Notiz, neben rein chemischen Ueberlegungen, wie es scheint, bestimmenden Einfluss auf die Anschauungen Liebig's und damit der Agriculturchemiker überhaupt geübt hat. Von

der ersten Auflage ab (1840 S. 26) erscheint der bekannte Passus über „Cotyledon calycina“ und Cacalia ficoides durch alle Auflagen der „Agriculturchemie“. — Der Aufnahme dieser Notiz durch Liebig verdankt sie ohne Zweifel auch ihre nachherige Erwähnung durch H. v. Mohl (Zelle S 248, Paginirung des „Handwörterbuchs“ von R. Wagner). —

Die Frage im Jahre 1875 wieder neu belebt zu haben, ist das Verdienst von Ad. Mayer. In seiner Arbeit „Ueber die Bedeutung der organischen Säuren in den Pflanzen“ (Landwirthschaftl. Versuchsstationen Bd. XVIII 1875 S. 410—452) bildet die Untersuchung über „die Säuren der Crassulaceen“ einen längern Abschnitt (S. 428—452). — Diese Arbeit ist im Text als I citirt.

Eine zweite Abhandlung desselben Forschers im Bd. XXI (1878) der „Versuchsstationen“ S. 277—347 „Ueber die Sauerstoffausscheidung einiger Crassulaceen“ (von mir als II citirt) behandelt eine Reihe der in der ersten nur angeregten Fragen ausführlicher.

1880. Gr. Kraus, „Ueber die Acidität des Zellsaftes der Blätter bei Tag und Nacht“ in den Sitzungsberichten der Naturforschenden Gesellsch. zu Halle vom 13. März 1880. — Nachweis der veränderlichen Acidität bei verschiedenen Crassulaceen-Gattungen.

1881. Aufnahme des Gegenstandes nach Ad. Mayer's Untersuchungen in Pfeffer's Pfl.-Physiologie I S. 199 und durch Detmer in Pringsh. Jahrb. XII (1881) S. 242; 248.

Gr. Kraus, a. a. O. Sitzung vom 5. August 1882 enthält summarische Mittheilung über: Stündliche Säureperiode. — Tägliche Entsäuerung ist nicht Neutralisation durch das massenhaft vorkommende Malat. — Entsäuerung unterbleibt in O-freier Luft. — Die leuchtenden Strahlen entsäuren energischer als die chemischen.

Diese Sätze und Weiteres sind dann ausführlich behandelt in Heft IV der „Wasservertheilung in der Pflanze“ 1884.

1884. „Ueber die Periodicität im Säuregehalt der Fettpflanzen“ v. H. de Vries. Verslagen en Mededeelingen der Koninklijke Akademie van Wetenschappen. Afd. Natuurkunde. Derde Reeks. Eerste Deel. Eerste Stuk. 1884. S. 58—123. Vorläufige Mittheilung in Bot. Ztg. 1884 n. 22—23. —

Meine vorliegende Abhandlung ist in der Sitzung zur Stiftungsfeier der naturforschenden Gesellschaft zu Halle, 4. Juli 1885, Thema für den Festvortrag gewesen und eine Uebersicht der wesentlichen Resultate dem Sitzungsberichte obigen Datums eingefügt. —

Erst nach völligem Abschlusse der Untersuchungen und des Manuscripts ist im III. Bd. 7. Heft der Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft (ausgegeben 21. August 1885) eine vorläufige Mittheilung von O. Warburg „Ueber die Stellung der organischen Säuren im Stoffwechsel der Pflanzen" erschienen. Wieviel Verdienstliches die Arbeit in ihrer demnächstigen Publication auch bringen mag, soviel ist bereits aus der vorlaufigen Nachricht sicher, dass auch sie das Wesen der Vorgänge bei unsern Pflanzen nicht erfasst hat.

Methodisches.

Ich will im Folgenden ein Paar methodische Bemerkungen machen, bloss insoweit als sie zur Beurtheilung der Sicher- oder auch Unsicherheit der gewonnenen Resultate dienen können.

1. Das gebrauchte Crassulaceen-Material ist dem botanischen Garten, soweit es Freilandmaterial ist, theils der Crassulaceen-Abtheilung des Systems, theils der Alpenanlage entnommen, zumeist aber zu den Experimentirzwecken in flachen Schaalen die $^1/_2$—1 Dutzend Rosetten bequem beherbergen können, oder auch in Einzeltöpfen angezogen. Sämmtliches verwendete Material war von tadelloser Gesundheit und Schönheit, und in solcher Fülle vorhanden, dass oft Hunderte von *Bryophyllen, Echeverien* oder *Semperviven* von üppigster Entwicklung und fast mathematisch zu nennender Gleichheit zur Auswahl neben einander stunden. — Dass alles Material sonnegewohnt und alles Vergleichsmaterial in genau gleichem Boden gezogen war, versteht sich von selbst. Die verarbeiteten Theile der Pflanzen sind in den Versuchen jedesmal namhaft gemacht; wo von „Rosetten" schlechthin die Rede ist, handelt es sich um die scharf über dem Boden abgeschnittenen *Sempervivum*- oder *Echeverien*-Pflanzen, so dass also neben den Blattrosetten noch der kleine kegelförmige Rest des fleischigen Rhizoms, an dem die Blätter ansitzen, mit verarbeitet ist. Der grössere Theil des letztern und insbesondere der mit den Wurzeln besetzte, blieb in diesen Fällen unberührt.

2. Unter „Saft" ist der durch feinstes Zerstossen, Auspressen und Filtriren gewonnene wasserklare, reine Zellsaft gemeint. Durch absolut gleichartige Behandlung und Uebung ist es möglich, aus gleichen Gewichtsmengen gleicher Pflanzentheile den Saft sehr genau und bis auf halbe Cubikcentimeter gleich zu gewinnen.

In vielen Fällen wurden gleiche Frischgewichtsmengen bei 100° getrocknet, und die Trockensubstanz durch Digeriren, auch wohl Auskochen an Allem in

in Wasser Löslichen (Malat, freie Säure, Zucker u. s. w.) erschöpft. — Die Analysen geschahen dann vom ganzen „Extract" oder einem aliquoten Theil desselben.

3. In dem „Saft" oder „Extract" wurde der äpfelsaure Kalk, das Kalkmalat bestimmt durch Niederschlag desselben mit der 4—5 fachen Menge 96 % Alcohols. Aus dem Saft fällt damit ein schneeweisser, sehr rein aussehender pulveriger Niederschlag, aus den Extracten sieht er etwas weniger gut aus. Abfiltrirt, ausgewaschen und getrocknet erhält man im ersten Falle ein rein weisses Pulver, im zweiten Falle ist etwas durch Farbstoffe u. s. w. röthlich oder gelblich gefärbt.

Zur Illustration der Genauigkeit der Resultate will ich ein Paar Beispiele anführen, wo von demselben Safte mehrere Bestimmungen hinter einander gemacht wurden.

Am 6.—7. Dezember, nach sonnigem Tag und darauffolgender Nacht wurde von *Bryophyllum*saft je 20 cc Tag- und Nachtportion bestimmt.

	1. Bestimmung	2. Bestimmung
Tag	0,381	0,3805
Nacht	0,378	0,3798

Am 2. Februar nach trübem Tag und folgender Nacht aus 25 cc Saft derselben Pflanze

Tag	0,3905	0,3870
Nacht	0,467	0,4545

Ich habe das pulverige Kalkmalat nachträglich durch Eintragen in verdünnte Salpetersäure bis zur Sättigung und allmähliges Verdunsten der Lösung zum Auskrystallisiren gebracht. Von *Echeveria secunda* habe ich sehr schöne, bis cm lange Krystalle des sauren Kalksalzes erhalten, deren nähere krystallographische Untersuchung ich Herrn Professor Dr. Luedecke hier verdanke. Derselbe findet, dass die einen der gewonnenen Krystalle thatsächlich mit den Angaben in der Literatur übereinstimmen. Er sagt: „Es liegen typische Combinationen des rhombischen Systems (pyramidal-hemiëdrische Abtheilung), wie sie früher von Pasteur etc. beschrieben worden sind, vor. Sie zeigen die Combination $b = \infty a : b : \infty$, $p = a : b : \infty c$, $p^2 = a : 2b : \infty c$, $q^2 = \infty a : b : 2c$ sowie eine zu p^2 gehörige Pyramide in pyramidaler Hemiëdrie. Ich fand:

		Rmbg
$b : p^1$	$= 133^0\ 18'$	$17'$
$p^1 : p^2$	$= 161^0\ 29'$	$56'$
$p^2 : p^2$	$= 129^0\ 38'$	$34'$
$b : q^2$	$= 118^0$ cca.	$115\ 21'$"

4. Wird von dem weingeistigen Filtrat der Alcohol auf dem Wasserbad verjagt und dann mit Wasser aufgenommen, so erhält man eine meist etwas gefärbte

Lösung, aus der mit Bleiessig in den meisten Fällen ein sehr schöner, sich fest niedersetzender Niederschlag zu erhalten ist — der als äpfelsaures Blei betrachtet und aus dem die „freie Aepfelsäure“ berechnet wurde. Während die vorgenannte, schon von Vauquelin angewandte Methode, das Kalkmalat mit Weingeist niederzuschlagen, wenn auch keineswegs absolut reine Resultate, doch hier einstweilen zu vernachlässigende Verunreinigungen*) mit sich bringt, ist dagegen sicher, dass der Bleiniederschlag Mancherlei einschliesst, was mit Aepfelsäure nichts zu thun hat. Zwar sind Eiweisskörper im Safte, soweit ich weiss, nirgends vorhanden, aber stets Gerbstoff in nicht unansehnlicher Quantität. Demnach sind die oben als „freie Säure“ berechneten Zahlen gewiss nicht genau richtig, aber sie sind doch wohl völlig brauchbar. Denn einmal führen sich die Unrichtigkeiten, wenn auch sicher nicht absolut gleichmässig, durch alle Zahlen fort, kommen demnach in allen Fällen, wo bloss Verhältnisszahlen, gebraucht werden, ausser Spiel; andrerseits sind bei all' den bisher angeregten Fragen feinere Zahlennuancirungen nirgends in Erwägung gekommen. — —

Dass das, was als „freie Säure“ bezeichnet wurde, wirklich überall solche ist, darf daraus abgenommen werden, dass in starkem Weingeist kein Salz (auch nicht die der Alcalien) löslich ist (Gmelin-Kraut, Handbuch der Chemie Bd. V 1852 S. 342 f.). — Ueber die specielle chemische Natur dieser Säure Untersuchungen anzustellen, ist zunächst nicht Aufgabe des Physiologen; dass die Crassulaceen-Aepfelsäure, oder wenigstens die von *Bryophyllum* von Ad. Mayer für eine Iso-Aepfelsäure gehalten wird, ist bekannt (vgl. dessen Abh. II S. 300 ff.).

5. Aus einem aliquoten Theil des mit Wasser aufgenommenen ursprünglichen Weingeistfiltrats konnte mit Fehling der „Zucker“ direct bestimmt werden. Ich hebe hervor, dass unter „Zucker“ immer die direct reducirende Substanz verstanden ist. Nach dem halbstündigen Kochen einer Portion Saft mit einigen Tropfen Schwefelsäure tritt eine unbedeutend stärkere Reduction mit Fehling ein. Z. B. *Sempervivum* 10 cc Saft. Tagssaft ergab 0,0455 natürlich, 0,0495 CuO nach dem Kochen. Nachtsaft 0,045 natürlich, nach dem Kochen 0,048. — *Bryophyllum* Saft in analoger Weise.

	Tags	Nachts
ungekocht	0,099	0,104
gekocht	0,106	0,110

Auch hier bleibt, die specifische Natur des „Zuckers“ zu ermitteln, Aufgabe der Chemie.

*) Es mag späteren Untersuchungen vorbehalten bleiben, festzustellen, welche andere Basen anorganischer oder organischer Art eventuell noch in Frage kämen.

Hinsichtlich der Versuchseinrichtungen noch Folgendes:

1. Die Versuche im farbigen Licht sind in den bekannten Sachs'schen doppelwandigen Glocken von üblicher Grösse und Füllung vorgenommen.

2. Versuche in CO_2-freiem Raum. Sie wurden in geräumigen (30 cm hoch 20 cm weit) tubulirten Glocken, die auf matte Glasplatten aufgedichtet waren, angestellt. Auf dem Boden der Glocke stand eine, die ganze Breite desselben einnehmende flache Schale mit frischen Stücken Natronhydrat, der Tubulus war zum Druckausgleich durch ein mit Natronhydratstückchen gefülltes Röhrchen geschlossen

---

Tabelle IVa.

Nachts wird freie Aepfelsäure (und Malat) gebildet.

1. *Sempervivum Funkii.* 16. Juni, warm und fast constante Sonne. Schalenexemplare bis Abends 5 Uhr insolirt; andere erst folgenden Morgen aufgenommen. Saft aus 7 gleichen Rosetten. — Aus 50 cc Saft erhalte ich

	Kalkmalat	Bleiniederschlag	demnach freie Aepfelsäure	
Tags	1,186	0,059	0,0233	(1 : 6)
folgende Nacht	1,182	0,342	0,1350	

Es sind demnach über Nacht 0,1117 Aepfelsäure gebildet, od. per cc Saft 2,2 Milligr.

2. Der gleiche Versuch, 17. Juni. Sonne etwas weniger constant. Saft aus je 8 gleichen Rosetten. 50 cc.

Tags	1,274	0,214	0,0851	(1 : 3)
folgende Nacht	1,328	0,739	0,2919	

Demnach sind in 50 cc Saft 0,2068 Aepfelsäure neugebildet, also per cc 4,6 Milligr.

3. Ein Gleiches am folgenden Tage. Aus 50 cc Saft.

Tags	1,474	0,110	0,0434	(1 : 6)
folgende Nacht	1,547	0,584	0,2306	

Hier ist per cc 1,8 Milligramm Aepfelsäure gebildet.

4. *Sempervivum acuminatum.* 20. Juni, schwül, meist sonnig. Eingewurzelte Exemplare. Abends 5½ Uhr und andern Morgens 8 Uhr. 50 cc Saft.

	spec. Gew.	Kalkmalat	Bleiniederschlag	daraus Aepfelsäure	
Tags	1,0335	1,947	0,528	0,2085	(1 : 2)
Nachts	1,0349	1,993	1,247	0,4925	

pro cc gebildete Säure 5,7 Milligramm.

5. *Sempervivum assimile.* 26. Juni, heisse Sonne den ganzen Tag bis Abends 5 Uhr. Nachtportion bis früh 8 Uhr. Saft aus 8 Rosetten. 50 cc.

	spec. Gew.	Kalkmalat	Bleiniederschlag	daraus freie Aepfelsäure
Tags	1,0213	1,159	0,123	0,0485
Nachts	1,0234	1,128	0,755	0,2982

Es ist demnach in der Nacht pro cc Saft gebildet rund 5 Milligr. (eigentlich 4,9) Aepfelsäure.

6. *Sempervivum sp.* (Februar.) Nach sonnigem Tag, Nachmittag 4 Uhr und andern früh 8 Uhr. Saft von 60 Exemplaren.

	spec. Gew.	Malat in 25 cc	Säure titrirt (2 cc)	Bleiniederschlag (25 cc)	daraus freie Säure
Tags	1,0200	0,4785	0,6	0,055	0,018
Nachts	1,0195	0,4785	0,9	0,125	0,0456

7. *Echeveria secunda.* 12 gleiche Topfexemplare. Die eine Hälfte Abends 6 Uhr (27. Juni) nach warmem und fast völlig sonnigem Tag; die andere 12 Stunden später. Saft. 25 cc.

	spec. Gew.	Malat	Bleiniederschlag	demnach freie Aepfelsäure
Tags	1,0152	1,595	0,127	0,0501
Nachts	1,0188	1,651	0,508	0,2006

demnach pro cc. Nachts Säure gebildet 6 Milligramm.

8. 6 Rosetten von *Echeveria*, je Nachmittags 3 Uhr und andern Morgen 6 Uhr (30. November). 15 cc Saft.

	Acidität (1 cc)	Malat	Bleiniederschlag	demnach freie Säure
Tags	1,45	0,321	0,074	0,029
Nachts	2,35	0,331	0,097	0,038

demnach pro cc Saft 0,6 Milligramm Säure gebildet.

9. *Echeveria.* 12 Exemplare. 5.—6. Dezember. Meist sonnig. 3 Uhr Nachmittags und andern Tags 8 Uhr. — Saft.

	spec. Gewicht	Acidität (1 cc)	Bleiniederschlag (10 cc)
Tags	1,0211	5,0	0,048
Nachts	1,0228	5,2	0,058

10. *Bryophyllum.* 29.—30. November. Je 3 Exemplare. Die einen in Sonne und Zimmertemperatur bis 3 Uhr, die andern bis andern Tags 8 Uhr Morgens. Saft.

	Acidität (1 cc)	Malat (15 cc)	Bleiniederschlag	demnach Säure
Tags	1,25	0,253	0,05	0,0197
Nachts	2,75	0,266	0,16	0,0632

11. Dieselbe Pflanze; 12 Exemplare 3—4 dc hoch, gefiederte obere Blätter, je 6 Nachmittags 3 Uhr (wenig Sonne) und andern Morgens 8 Uhr. (1. März). Saft.

	spec. Gew.	Malat (25 cc)	Bleiniederschlag	freie Aepfelsäure.
Tags	1,0182	0,3905	0,045	0,0177
Nachts	1,0212	0,4670	0,311	0,1228

demnach freie Säure gebildet 4,2 Milligramm pro 1 cc Saft.

12. *Bryophyllum.* 6.—7. Dezember. Pflanzen von 9—3 Uhr zumeist insolirt. Saft.

	spec. Gew.	Kalkmalat (20 cc)	freie Säure
Tags	1,026	0,380	0,0578
Nachts	1,0279	0,3798	0,0610

pro cc ist nur $^1/_{10}$ Milligramm Säure erzeugt.

13. Je 9, seit 8 Tagen entblätterte, etwa 3 dc hohe Stengel von *Bryophyllum* 22. Juli Tags über in wechselndem Sonnenschein. Abends $6^1/_2$ Uhr und andere früh um dieselbe Zeit genommen. 20 cc Saft enthalten:

	Malat	freie Säure
Tags	0,213	0,0080
Nachts	0,223	0,0116

14. *Echeveria secunda.* Acidität und Malat bei Nacht und darauf folgendem Tage in (isolirten) Blättern und Rhizomen.

		Acidität (1 cc)	Malat (10 cc)
a) Blätter:	Morgens	2,6	0,1275
	Abends	1,1	0,12
b) Rhizome:	Morgens	2,0	0,299
	Abends	2,2	0,2895

15. *Bryophyllum.* Blätter Tags über (in Zimmertemperatur und diffusem Licht) am Stengel, Nachts abgeschnitten unter Glasglocke. a) bei der gewöhnlichen Zimmertemperatur (20 °C), b) bei Temperatur im Freien von 4—5 °C. — Malat aus 20 cc Saft.

a)	Tags	0,25	b) 0,268
	folgende Nacht	0,282	0,285

Tabelle IV b.

Acididät und Acididätswechsel in Stengel und Blatt und nach dem Chlorophyllgehalt.

1. *Echeveria secunda.* Saft. Mittel aus 30 Exemplaren, Blätter, Rhizom und Nebenwurzeln. 18.—21. Dezember.

		spec. Gew.	Acididät (1 cc)
Erste Analyse.	Wurzel	1,0150	4,5
	Stengel	1,0242	3,0
	Blätter	1,0138	2,4
Zweite Analyse.	Wurzel	1,0132	2,5
	Rhizom	1,0120	1,4
	Blätter	1,0088	1,0
Dritte Analyse.	Wurzel	1,0252	4,2
	Rhizom	1,0263	3,0
	Blätter	1,0174	2,6

2. *Bryophyllum.* 21.—22. November. Stengel- und Blättersaft.

	spec. Gewicht		Säure (1 cc)	
	Blatt	Stengel	Blatt	Stengel
8 Uhr Morgens	1,0248	1,0172	4,5	0,95
4 Uhr Nachmittags	1,0216	1,0178	3,2	1,2

3. *Sempervivum sp.* Etiolirte und grüne Exemplare, Aepfelsäure in % der Trockensubstanz.

	grün	etiolirt
Blätter	4,6	4,2

---

1. *Bryophyllum*-Blätter der Quere nach in 3 Theile zerlegt, Basis, Mitte und Spitze. — Acididät des Saftes. 1 cc.

Basis 4,8 Mitte 4,6 Spitze 3,8

2. Gleicher Versuch.

Basis 3,5 Mitte 3,2 Spitze 2,9

3. Blätter von *Echeveria Scheideckeri.* Untere weissliche, obere grüne Hälfte. 1 cc Saft.

Basis 1,4 Spitze 1,9

4. Ebenso mit *Aeonium tabulaeforme,* von Basis nach Spitze successive intensiver grün.

Basis 1,6 Mitte 2,1 Spitze 2,8

5. *Echeveria secunda.* Hellere untere und tiefergrüne obere Hälfte.

	Basis	Spitze
jüngere Blätter	2,4	3,1
ältere Blätter	2,2	2,6

---

1. *Bryophyllum.* 6 Exemplare mit 8—12 Blattpaaren, am 16. November früh 8 Uhr und Nachmittags 3 Uhr — trübes Tageslicht — auf Blatt- und Stengelsaft untersucht.

	Blattsaft		Stengelsaft	
	spec. Gew.	Acidität	spec. Gew.	Acidität
8 Uhr	1,0233	5,3	1,0163	0,9
3 Uhr	1,0245	5,0	1,0164	0,9

2. Derselbe Versuch 17. November.

	Blattsaft		Stengelsaft	
	spec. Gew.	Acidität	spec. Gew.	Acidität
früh 8 Uhr	1,0243	5,2	1,0170	1,1
Nachm. 3 Uhr	1,0235	4,2	1,0162	0,9

3. *Bryophyllen* nach vorhergehender Art. 21.—22. November, matter Sonnenschein, Saftgewicht und Acidität von Blatt und Stengel zu verschiedenen Tageszeiten.

	8^a	10^a	1^p	4^p	8^a
a) spec. Gew.					
Blatt	1,0248	1,0250	1,0234	1,0216	1,0245
Stengel	1,0172	1,0185	1,0178	1,0178	1,0192
b) Acidität (1 cc).					
Blatt	4,5	4,5	3,4	3,2	3,85
Stengel	0,95	1,1	1,1	1,2	1,0

3a. *Bryophyllum*-Stengel, seit 5 Tagen entblättert, von Morgens 6 bis Abends 6 Uhr in der Sonne. Abends und folgenden Morgens auf Acidität geprüft. 1 cc Saft.

Abends	0,6
Morgens	0,8

4. *Echeveria secunda.* Blätter und die von Wurzeln und Blättern (selbst Knospe) völlig befreite, nur etwas grünliche Rhizome isolirt der Sonne oder diffusem Licht exponirt. Acidität von 1 cc Saft.

		Blätter	Rhizome
a) Diffuses Licht.	Morgens	2,8	3,1
	Abends	1,8	3,0
b) Sonne, aber nicht direct.	Morgens	2,6	2,0
	Abends	1,1	2,2
c) Diffuses Licht.	Morgens	2,8	2,3
	Abends	1,9	2,1

5. Analoge Versuche mit isolirten Blättern und Rhizomen von *Sempervivum albidum*. — Diffuses Licht. — 1 cc Saft.

		Blätter	Rhizome
a)	Morgens	3,5	2,5
	Abends	2,2	2,3
b)	Morgens	3,0	2,6
	Abends	2,3	2,4

6. Von 20 *Bryophyllen* (mehrere dc hoch mit 6—10 Blattpaaren), paarweise gleich, Morgens 8 Uhr und nach directer Insolation Nachmittags 3 Uhr. — 1. Nov.

	spec. Gewicht		Acidität (0,4 cc)		Verhältniss
	8 Uhr	3 Uhr	8 Uhr	3 Uhr	Nacht zu Tag
Blatt	1,0254	1,0219	2,2	0,7	3 : 1
Stengel	1,0163	1,055	0,4	0,3	1,1 : 1

7. Je 8 *Bryophyllen*-Stengel, seit 8 Tagen völlig bis auf die sehr kleine Gipfelknospe entblättert, werden (1. Juli) auf Periodicität untersucht. 1 cc Saft zeigt:

Nachts	1,2
(folgenden) Tags	0,9

8. In einem ganz gleichen Versuch (je 6 Stück).

Nachts	2,1
Tags	1,2

Tabelle Va.

Stündlicher Säurewechsel bei Bryophyllum beobachtet durch 24 Stunden.

Man vergleiche das Nähere „Wasservertheilung in der Pflanze“ Heft IV S. 21.

10. August.			10. August.			11. August.		
Tag.			Tag.			Nacht.		
Stunde	Acidität	Bemerkung	Stunde	Acidität	Bemerkung	Stunde	Acidität	Bemerkung
6ª	4,9		4ᵖ	0,8		1ª	3,4	
7ª	5,5		5ᵖ	0,6		2ª	3,3	
8ª	4,0		6ᵖ	0,55	6⁴⁵ᵖ Sonnen-	3ª	4,7	
9ª	4,25		7ᵖ	0,45	untergang.	4ª	4,8	Gegen 4 Uhr
10ª	4,2			Nacht.		5ª	3,9	Dämmerung.
11ª	3,45		8ᵖ	0,9		6ª	4,7	Zwischen
12ᵐ	3,5		9ᵖ	1,3		7ª	5,0	4 und 5 Uhr
1ᵖ	3,4	Gegen 1ᵖ	10ᵖ	1,7		8ª	4,8	voller Tag.
2ᵖ	1,85	Insolation	11ᵖ	2,0		9ª	4,5	
3ᵖ	1,4	beginnend.	12ᵖ	2,7				

Tabelle Vb.

Zur Dauer der Säurevermehrung im permanenten Dunkel.

1. Die folgenden Versuche sind mit gewöhnlichen kräftigen Pflanzen von *Bryophyllum*, *Echeveria* und *Sempervivum latifolium* angestellt. Die Rosetten von *Sempervivum* hatten etwa 30—40 Blätter, die von *Echeveria* etwa 20—30 Blätter, zum Vergleich wurden ganz gleiche Rosetten ausgewählt. Die Exemplare von *Bryophyllum* waren ebenfalls ganz gleich und hatten 6 Blattpaare; in den successiven Versuchen wurde jedesmal je 1 Blatt jeder Altersstufe genommen; also von oben gezählt jedesmal ein Blatt der Paare 1—6.

Der Versuch wurde im Zimmer bei 18—20° C gemacht; zunächst stunden die Pflanzen von Morgens 8 Uhr bis Abends 4½ Uhr in der Sonne (12. Februar), von da kamen dieselben in den Dunkelraum und wurden untersucht andern Tags früh, Mittag und Abends. — Acididät von 1 cc Saft.

	Bryophyllum	*Sempervivum*	*Echeveria*
12. Februar 5 Uhr Abends	1,2	1,4	1,5
13. Februar 8 Uhr früh	4,1	2,2	.
12 Uhr Mittag	4,1	2,35	2,7
5 Uhr Abends	4,5	2,0	2,8

2. Der folgende Versuch mit *Bryophyllum* und *Echeveria* ist dem vorigen ganz analog. — Exemplare Tags vorher in mässiger Sonne.

		Bryophyllum	*Echeveria*
15. Februar	8ª	4,5	2,2
	2ᵖ	4,1	1,8
16. Februar	8ª	3,4	2,1
	4ᵖ	3,7	.
17. Februar	9ª	4,4	2,5
18. Februar	10ª	4,2	2,6

Tabelle Vc.

Säuerung nach Exposition in farbigem Licht.

1. 2 ganz gleiche kräftige *Bryophyllen* in Töpfen 2 Tage (27.—29 Juni) unter farbigen Glocken gehalten, am Ende der zweiten Nacht der Gesammtsaft auf Acididät (1 cc) geprüft, Laugenverbrauch in cc.

rothe Spectrumhälfte	5,6
blaue Spectrumhälfte	4,8

2. Ein gleicher Versuch vom 29. Juni bis 1. Juli.

rothe Hälfte	7,4
blaue Hälfte	6,8

3. Derselbe Versuch nach 3 tägiger Exposition.

rothe Hälfte	7,9
blaue Hälfte	5,2

4. Je 1 kleines eingetopftes *Bryophyllum*-Exemplar in gelber und blauer Glocke, mässige Sonne (14. October), nach der folgenden Nacht:

rothe Glocke	3,5
blaue Glocke	3,1

5. Isolirte *Bryophyllum*-Blattpaare, das eine Blatt in blauer, das andere in rother Glocke, in Wasser stehend; 2 tägige, meist sonnige Exposition. Acididät nach der zweiten Nacht, von 1 cc Saft. October.

rothe Glocke	2,0
blaue Glocke	1,4

6. Der gleiche Versuch.

rothe Glocke	2,2
blaue Glocke	1,9

Tabelle Vd.

Säuerung nach ungleicher Beleuchtung.

1. Von 2 jungen, mit 4 Blattpaaren versehenen *Bryophyllen* wurde am 26. Juni Morgens jedes Blatt in der Mitte der Quere nach mit einem etwa 4 cm breiten Staniolstreifen dicht bedeckt und den Tag über die Pflanzen der Sonne exponirt, am andern Morgen aber aus den frei gelassenen und den staniolbedeckten Theilen gesondert Saft gewonnen.

Es ergab sich als nächtliche Acididät (1 cc Saft):

freie Theile	10,5
bedeckte Theile	7,8

2. Von ähnlichen *Bryophyllen* werden die Blätter, der Länge nach, eine Blatthälfte völlig mit Staniol verhüllt, die andere frei gelassen und die Pflanzen von Morgens 9 bis Nachmittags 3 Uhr trübem Himmel exponirt. Andern Morgens 8 Uhr erhielt ich für 1 cc Saft Laugenverbrauch:

freie Hälften	8,0
bedeckte Hälften	6,5

3. Ein gleicher Versuch, wie vorher; Tags über halb Sonne, halb trübes Wetter. Acididät (1 cc).

freie Hälften	7,0
bedeckte Hälften	6,2

Tabelle VI.

In der Nacht schwindet Zucker aus den Zellen.

1. 12 Topf-*Bryophyllen.* Davon 6 nach einer wechselnden Besonnung (27. Febr.) Nachmittags 3 Uhr, die andern am folgenden Morgen $7^1/_2$ Uhr aufgenommen. Saft.

	spec. Gewicht	Acididät (2 cc)	Malat (25 cc)	mit Fehling CuO	also Zucker
Tags	1,0180	0,5	0,3495	0,301	0,1363
folgende Nacht	1,0213	2,0	0,4700	0,151	0,0684
				Differenz	— 0,0679

d. h. es sind in der Nacht nahezu 68 Milligramm Zucker verschwunden.

2. Ein ähnlicher Versuch mit grossen, fiederblättrigen *Bryophyllen.* Geringe Sonne bis 3 Uhr. — Nachtpflanzen 8 Uhr früh aufgenommen.

	spec. Gew.	Acididät (2 cc)	aus Fehling CuO (25 cc)	also Zucker
Tagpfl.	1,0182	0,55	0,4860	0,2201
Nachtpfl.!	1,0212	2,0	0,2995	0,1356
			Differenz	— 0,0945

Es sind also über Nacht 94,5 Milligramm Zucker verschwunden.

3. *Sempervivum sp.* 9. Mai. Sonnig und warm; Nachmittag 4 Uhr, und andern Früh 8 Uhr. 25 cc Saft enthalten aus Fehling CuO.

Tags	0,194
Nachts	0,164

Differenz — 0,030 CuO, entsprechen — 0,0136 Zucker.

4. *Sempervivum californicum.* 5. Juni (nur wenig Sonne) Nachmittags 4 Uhr und andern Morgens 5 Uhr. Topfexemplare. Je 2 Rosetten zu 26,290 Gewicht. Extrahirt auf 220 cc Lösung. Acididätsverhalten 0,45 : 0,7 (bei 5 cc). 50 cc Lösung enthalten:

Tags	0,0865
Nachts	0,0625 CuO.

daraus berechnet sich, dass 2 Rosetten über Nacht 47,8 Milligramm Zucker verlieren.

5. Von 20 gleichen *Echeverien*-Rosetten, die abgeschnitten und feucht gelegt sind, liegen 10 in brennender Sonne bis Nachmittags 3 Uhr (23. Juni), 10 andere bis andern Tag, 6 Uhr früh, unter feuchter Glocke. Es ergaben erstere 117, letztere 114 cc Saft.

1 cc Saft ergibt als Acidität	Tags	0,5
	Nachts	1,25
20 cc Saft ergaben mit Fehling CuO	Tags	0,1585
	Nachts	0,1425
demnach	Nachts weniger	0,0160

Es berechnet sich daraus für die 10 Rosetten, welche über Nacht verblieben, ein Schwund von 45,2 Milligramm Zucker.

6. Von 12 paarweise gleichen Topf-*Echeverien* blieben 6 bis Abends 6 Uhr in der Sonne (27. Juni) die andern bis andern Morgen 6 Uhr im Finstern. Acidität 1,6 : 10,5.

25 cc Saft enthalten CuO	Tags	0,155
	Nachts	0,119
	Nacht-Differenz	0,036

das ergibt 0,016 Zucker, oder p. cc über 1/2 Milligramm.

7. In 10 cc Blattsaft von *Bryophyllum*-Blättern (Juli) ist bei

	Tag	0,0288
nach der folgenden	Nacht	0,0213

demnach in der Nacht —0,0075 Zucker vorhanden.

8. Ein gleicher Versuch vom 5.—6. Dezember ergab in

10 cc Tagsaft	0,125
10 cc Nachtsaft	0,113
also bei Nacht	—0,012 Zucker.

9. Tags- und Nachtpflanzen von *Echeveria*. 10 cc Saft ergeben CuO

Tags	0,0225	d. ist Zucker	0,0102
darauffolgenden Nachts	0,0130		0,0058
		also Differenz	—0,0054

d. h. aus einem cc Saft verschwindet über 1/2 Milligramm Zucker.

Ich mache darauf aufmerksam, dass der Versuch 5 z. B., sowie zahlreiche später mitzutheilende Versuche (z. B. Tabelle XVI) jede Möglichkeit ausschliessen, die Verminderung des Zuckers durch Ableitung desselben zu erklären.

Tabelle VII.

Antheil unbestimmter Stoffe am Zellsaft.

1. *Bryophyllum*. 10 cc Blattsaft (gleicher Blätter), nach sonnigem Tage (Juli) und am folgenden Morgen. Sie enthalten:

	Trockensubstanz	darin Malat	fr. Aepfelsäure	Glycose	Summa
Tagsaft	0,352	0,2725 (77,5)	0,0088	0,0288	0,3006
Nachtsaft	0,507	0,3065 (60,5)	0,0705	0,0213	0,3988

demnach bei Tag 14,6; bei Nacht 21,4 % unbestimmte Stoffe.

2. Die gleiche Pflanze. 22. Juli. Nacht und darauffolgenden Tag. Es enthalten 20 cc Blattsaft:

	Trockensubst.	davon Malat	fr. Säure	Glycose	Summa	% unbest. Stoffe
Nachts	0,8630	0,382	0,1173	0,048	0,5473	36,6
Tags	0,7340	0,383	0,054	0,048	0,485	33,9

3. Dieselbe Pflanze, Mittel aus dem Saft von 6 Pflanzen. Tag und folgende Nacht 5.—6. Dezember. 20 cc.

	Trockensubstanz	davon bekannt	also unbekannt in %
Tags	0,8435	0,6977	17,3
Nachts	0,8515	0,6624	22,2

4. *Echeveria secunda.* Saft aus 2 Rosetten. Juli. Nacht und darauffolgender sonniger Tag. 10 cc Saft enthalten:

	Trockensubst.	darin Malat	fr. Aepfels.	Glycose	Summa	demnach unbek. Stoffe
Nachts	0,279	0,153	0,0312	0,008	0,192	0,0375 = 31 %
Tags	0,2405	0,180	0,009	0,014	0,203	0,0670 = 15,5 %

5. *Echeveria secunda.* Dezember. Tag und darauffolgende Nacht. 10 cc Saft enthalten:

	Trockensubstanz	davon bekannte Stoffe	demnach unbek. in %
Tags	0,362	0,3251	10,2
Nachts	0,369	0,2881	21,7

Aus den vorstehenden Analysen geht gleichsinnig Folgendes hervor:

1. die *Crassulaceen*säfte enthalten neben den bekannten Stoffen eine ansehnliche Menge (10—30 %) bisher unbestimmter Stoffe;
2. dieser unbestimmten Stoffe sind in der Nacht immer mehr, als am Tag vorhanden.

Tabelle VIIb.

Lösliche N-haltige Substanz bei Tag und Nacht.

1. *Echeveria pumila.* Je 5 gleiche Pflanzen 3 Tage im Dunkel, oder in natürlichem Lichtwechsel. — Zimmercultur. Aufnahme des Versuchs 4 Uhr Nachmittags (Sonne). — N-Bestimmung in 50 cc Saft.

	N-Gehalt
Dunkel	0,00599
Licht	0,00412

2. *Bryophyllum.* Junge Pflanzen. Morgens 8 Uhr und Nachmittag 4 Uhr, nach sonniger Exposition. — 50 cc Saft.

	specif. Gew.	N-Gehalt
Nacht	1,0222	0,006929
Tag	1,0190	0,005993

3. Desgleichen. Nacht und darauffolgender Tag. 50 cc Saft enthalten N:

Nachts	0,012774
Tags	0,007865

4. Desgl. Sonniger Tag (4 Uhr) und darauffolgender Nacht. N-Gehalt in 50 cc.

Tags	0,008801
Nachts	0,009738

5. *Sempervivum.* Versuch im Juni (vorhergehende im Februar). Sonniger Tag und darauffolgende Nacht. 40 cc Saft.

	Trockengew.	N-Gehalt
Tags	1,448	0,002144
Nachts	1,671	0,002424

Tabelle VIII.

CO_2-freie Lichtexposition und nachfolgende Säurebildung.

a) Versuche mit Sempervivum-Rosetten Tags über CO_2-frei, in der Nacht in gewöhnlicher Luft gehalten.

1. Die völlig gleichen, frisch absolut gleich schweren Rosetten, wurzellos in Glasschalen auf feuchtem Filtrirpapier liegend, von *Sempervivum serpyllifolium, Lamottei* und *atlanticum.* — Am ersten halben Tag Sonne, sonst trübe.

	S. serpyllifolium		*S. Lamottei*		*S. atlanticum*	
	Trockeng.	Acid.	Trockeng.	Acid.	Trockeng.	Acid.
3./4. Juli Normalnacht	0,688	.	1,105	.	0,789	.
4. Juli CO_2-freier Tag	0,668	0,45	0,991	0,6	0,771	0,5
4.—5. Juli Nacht	0,636	0,7	0,981	1,1	0,765	0,8
5. Juli CO_2-freier Tag	0,605	0,5	9,91	0,7	0,703	0,6

Ausser einem allerdings auffallend geringen Wechsel der Acididät, der der CO_2-freien Exposition ungeachtet eintritt, wird die fortwährende Abnahme an Trockensubstanz ausserordentlich schön und regelmässig sichtbar. Diese Thatsache beweist zugleich die Correctheit des CO_2-Abschlusses. — Bestimmung der Gesammtsäure in den Rosetten.

2. Versuche wie vorher mit *Sempervivum Wulfenii* und *S. Boutignyanum.* 7.—9. Juli. Lauter sonnige Tage.

	S. Wulfenii	*S. Boutignyanum*
7. Juli CO_2-freier Tag	0,052	0,019
7./8. Juli Nacht	0,072	0,024
8. Juli CO_2-freier Tag	0,056	0,020
8./9. Juli Nacht	0,076	0,024

3. Versuche mit *Sempervivum soboliferum* und *dolomiticum* vom 9.—12. Juli bei sonnigem Wetter. — 50 cc Lösung.

	S. soboliferum	*S. dolomiticum*	
	Acidität (2 cc)	Trockensubstanz	Acidität (5 cc)
Nacht 9.—10. Juli	0,8	0,2985	0,8
Tag 10. Juli	0,5	0,2995	0,5
Nacht 10.—11. Juli	0,7	0,2995	0,7
Tag 11. Juli	0,5	0,297	0,55
Nacht 11.—12. Juli	0,7	0,275	0,75
Tag 12. Juli	—	0,277	0,45

b) Versuche mit Semperviven, in normaler Atmosphäre bei Tag und Nacht.

1. Wurzellose Rosetten von *S. Requieni* und *grandiflorum*, in voriger Weise behandelt. 28./29. Juni bis 1./2. Juli.

Beleuchtungsverhältnisse: 29. Juni heisse Sonne, 30. Juni desgl. manchmal unterbrochen, 1. Juli trübe.

Trockengewichte der frischgewichtsgleichen Rosetten und Acidität von 1 cc Extract (von 200?).

	S. Requieni		*S. grandiflorum*	
	Trockengew.	Acidität	Trockengew.	Acidität
28./29. Juni Nacht	1,761	1,0	1,728	1,4
29. Juni Tag	1,799	0,8	1,73	0,7
29./30. Juni Nacht	1,831	1,1	1,691	1,3
30. Juni Tag	1,842	0,6	1,741	0,8
30. Juni 1. Juli Nacht	1,831	0,8	1,735	1,0
1. Juli Tag	1,817	0,5	1,817	0,55
1./2. Juli Nacht	1,797	0,65	—	—

Im Gegensatz zu vorigem Versuche tritt hier 1. der Wechsel der Acidität, 2. die tägliche Zu- und nächtliche Abnahme des Trockengewichts der Rosetten sehr deutlich hervor.

2. Versuch mit *Sempervivum sp.* parallel der n. 2 unter a). Bestimmung der Gesammtsäure des Extracts.

	Aepfelsäure
Tag	0,080
Nacht	0,088
Tag	0,072
Nacht	0,112

c) Nach CO_2-freier Exposition wird Nachts weniger Säure gebildet.

1. Gleiche Blattpaare von *Bryophyllum.* Die eine Hälfte der Blätter wurde von früh bis Abends (30. Juni, 1. Juli) mit den Stielen in Wasser stehend und einer geräumigen tubulirten Glasglocke ohne Weiteres, die andere Hälfte im ganz gleichen Apparat, aber über einer Schale mit frischen Stücken von Aetznatron und unter Abschluss des Tubulus mit einem Kaliröhrchen und Aufdichtung der Glocke auf matter Glasplatte exponirt. — In der folgenden Nacht beide Proben neben einander frei im Dunkelschrank. Acidität von 1 cc Saft Morgens 7 Uhr.

Kohlensäure = freie Exposition	5,65
Normale Exposition	6,0

2. Ein zweiter gleicher Versuch:

CO_2-frei exponirt	5,6
Normal exponirt	6,0

Ein mit dem letztern Versuch parallel gehender wurde so variirt, dass die Blattportion der Normalatmosphäre bereits am Ende des Tages analysirt wurde, die CO_2-frei exponirte aber erst am andern Morgen. Acidität. Dabei ergab sich:

Normalportion nach dem Tage	1,5
CO_2-frei exponirt nach der Nacht	3,0

d. h. auch nach CO_2-freier Exposition wird Säure gebildet, wenn auch wie n. 1 und 2 ergeben, weniger als im Normalfalle.

3. Versuche, den vorigen analog, von früh 8 Uhr bis zum Abenddunkel (Anfang Juli) bei trübem Vor-, aber sonnig-heissem Nachmittag.

1. Versuch, 8 Blätter, 1 cc Saft:

nach CO_2-freier Exposition	4,0
nach Normal-Exposition	5,3

2. Versuch, 7 Blätter:

CO_2-frei exponirt	4,5
normal exponirt	5,3

6. Versuche mit isolirten *Bryophyllum*-Blättern, in Wasser stehend, Ende October 2 tägige Exposition, beide Tag trüb. — Acidität von 1 cc Saft, früh 8 Uhr.

1. Versuch:

im CO_2-freien Raum	1,8
in gewöhnlicher Luft	3,0

2. Versuch:

im CO_2-freien Raum	2,0
in gewöhnlicher Luft	3,3

7. Gleicher Versuch, bei wechselnd sonniger Tagesexposition (2 Tage).

im CO_2-freien Raum	1,8
in gewöhnlicher Luft	2,1

8. Drei Parallelversuche mit isolirten Blättern von *Bryophyllum* (in Wasser stehend). 3 tägige Exposition bei trübem Wetter. Acidität von 1 cc Saft.

freie Luft	a) 1,6	b) 1,7	c) 2,3
CO_2-freier Raum	1,5	1,25	1,9

Tabelle IX.

1. *Bryophyllum.* Prachtexemplare mit 4—5 meist gefiederten Blattpaaren und fast kleinfingerdickem Stengel.

Vom 15. October ab, jeweils am Morgen, Stengel und Blattsaft untersucht; Exemplare im Dunkelschrank gehalten.

	Spec. Gewicht des Saftes		Acidität in 2 cc Saft		Malat in 10 cc Saft		Freie Säure in 10 cc Saft	
	Blatt	Stengel	Blatt	Stengel	Blatt	Stengel	Blatt	Stengel
15. October: Controllpflanzen	1,0245	1,0145	8,5	1,6	0,191	0,077	0,0477	0,0102
17. October: 2 Tage verdunkelt	1,0235	1,0145	7,4	1,3	0,2135	0,0865	.	0,0106
20. October: 5 Tage verdunkelt	1,0225	1,015	6,0	1,7	0,1915	0,074	.	0,0185
22. October: Eine Woche verdunkelt	1,0220	1,016	5,5	1,7	0,208	0,079	0,042	0,0229

Resultate: 1. das specifische Gewicht nimmt im Blatt ab, im Stengel zu;
2. die freie Säure nimmt im Blatt constant ab, im Stengel zu;
3. das Malat nimmt mindestens im Blatt deutlich zu.

2. 15 Stück *Bryophyllen* werden zu je 5 (Blatt und Stengel-Saft) in 3 bis 4 tägigen Zeiträumen aus dem Dunkel untersucht.

	Spec. Gew. Blatt	Spec. Gew. Stengel	Acidität 2 cc Blatt	Acidität 2 cc Stengel	Malat in 10 cc Blatt	Malat in 10 cc Stengel
Controllpfl., 31. October früh 9 Uhr	1,0191	1,0158	4,1	1,5	0,1565	0,0725
3 Tage im Dunkel, 3. Novbr.	1,0196	1,0149	5,4	1,8	0,1665	0,059
7 Tage im Dunkel, 7. Novbr.	1,02	1,0158	3,4	2,0	0,179	0,075

3. *Bryophyllum* in Töpfen, im Dunkelschrank, alle 24 Stunden früh 9 Uhr, Stengel- und Blattsaft untersucht.

	Spec. Gew. Blattsaft	Acidität von 1 cc Blatt	Acidität von 1 cc Stengel
Dezember 13.	1,0243	3,2	1,1
14.	1,0240	3,0	1,15
15.	1,0260	2,9	1,3
17.	1,0255	2,6	1,35
18.	1,0240	2,6	1,35
19.	1,0256	2,6	1,4
20.	1,0256	2,45	1,55

3a. Kleine *Bryophyllum*-Topfexemplare. 25.—27. Dezember. Blatt- und Stengelsaft. Acidität von 1 cc. Im Zimmer.

	Blatt	Stengel
Am Versuchsmorgen	2,1	1,0
Nach $1^1/_2$ tägiger Verdunkelung	1,8	1,1

4. Isolirte d. h. entblätterte, aber eingewurzelte *Bryophyllum*-Stengel im Dunkel.

a) Pflanzen seit 15. Febr. im Dunkel, seit 20. Febr. völlig bis auf die Gipfelknospe entblättert. Acidität von 1 cc Stengelsaft.

21. Februar: 1,4
22. Februar: 1,2
26. Februar: 1,1

b) Seit 12. Februar völlig entblättert im Dunkel befindlich, ergeben für 1 cc Saft Laugenverbrauch:

16. Februar, also nach 4 Tagen 1,3
20. Februar, d. h. nach 8 Tagen 1,15

5. Blatttragende und entblätterte Stengel verglichen.

Am 23. Februar werden 12 sehr kräftige völlig gleiche Exemplare, mit fast centimeterstarkem Stengel und 6—8 Blattpaaren dem Warmhaus entnommen und 6 Stück beblättert, 6 entblättert in den Dunkelschrank gebracht. Acidität von 1 cc Saft. — Anfängliche Blattacidität 3,0.

	Beblätterte Pflanzen Blatt	Beblätterte Pflanzen Stengel	Blattlose Stengel
Nach 4 Tagen (27. Februar)	2,55	1,05	1,5
Nach 5 Tagen (28. Februar)	2,15	1,45	1,4
Nach 7 Tagen (3. März)	2,0	1,4	1,25

6. *Echeveria secunda.* Völlig gleiche Einzelexemplare im Dunkelraum. Morgens untersucht. — Saft.

		Spec. Gew.	Acidität von 1 cc
Nach der natürlichen Nacht,	13. Dezember	1,0243	1,9
Nach 4 Tagen,	17. Dezember	1,0211	1,6
Nach 5 Tagen,	18. Dezember	1,0193	1,4

7. Dieselbe Pflanze, je 2 gleiche Rosetten zu Saft. Früh 9 Uhr.

	Saftgewicht	Malat (10 cc)	Acidität (1 cc)
6. November (Normalpfl.)	1,0154	0,1605	2,8
12. November (6 Tage dunkel)	1,0150	0,146	3,5
14. November (8 Tage dunkel)	1,0149	0,145	4,0
17. November (11 Tage dunkel)	1,016	0,204	4,0
19. November (13 Tage dunkel)	1,02	0,208	.

Resultate aus der vorstehenden Tabelle:

1. Die freie Säure nimmt bei mehrtägigem Verweilen der Pflanzen im Dunkel zunächst zu, dann aber constant ab; ohne jedoch ganz zu verschwinden. Die Zeitdauer der Zunahme ist nach diesen Versuchen eine ungleiche, sie kann ein oder mehrere Tage dauern; keinesfalls ist sie regelmässig auf eine Nacht beschränkt.

2. Die beblätterten Pflanzen von *Bryophyllum* (n. 3) zeigen, dass die Blätter im Dunkel an freier Säure ab-, die Stengel dagegen zunehmen. Entblätterte Stengel dagegen zeigen im Dunkel eine stetige Abnahme. Daraus scheint der Schluss erlaubt, dass die Zunahme der Säure bei beblätterten Stengeln ihren Grund in einer Zuleitung derselben aus den Blättern habe.

3. Das Kalkmalat nimmt bei mehrtägigem Aufenthalt im Dunkel, wenn dabei keine auffallenden Wachsthumsvorgänge stattfinden, bei einer Anzahl Versuche deutlich zu (n. 1. 2. 7). Man ist natürlich geneigt, der notorischen Abnahme der freien Säure gegenüber, darin eine Bindung derselben zu erblicken.

Tabelle X.

Kalkdüngung.

1. Im April wurden junge *Semperviven-* und *Echeverien*-Rosetten genau gleicher Stärke und Entwicklung in grosse flache Schalen gepflanzt, je die eine Hälfte in gewöhnliche Gartenerde, die andere in die gleiche Erde, die aber mit grosser Menge grobpulveriger Kreide gemengt war.

Nach etwa 4 Monaten, im August, zeigten die Pflanzen verschiedener Cultur zwar keine wesentlichen äusseren Differenzen; beide waren normal kräftig fort entwickelt; dagegen ergab die Bestimmung des Malats deutliche Unterschiede. 20 cc vom Gesammtsaft enthielten:

	Echeveria	*Sempervivum*
Kalkexemplare	0,3155	0,617
Gewöhnliche Pflanzen	0,30	0,544 Malat.

2. *Bryophyllen* in obiger Art von August bis October, im Kasten von wenigblättrigen zu grossen strotzend starken Exemplaren herangezogen, ergaben gleichfalls zwar keine äussern Unterschiede, aber Unterschiede in der Quantität des Malats. 20 cc Saft.

1. Cultur: Blattsaft.

Kalkpflanzen	0,3115
Gewöhnliche Pfl.	0,283

2. Cultur: ebenso.

Kalkpflanze	0,2925
Gewöhnliche Pfl.	0,2915

3. Cultur: Blatt- und Stengelsaft.

	Blatt	Stengel
Kalkpflanze	0,3075	0,1485
Gewöhnliche Pfl.	0,289	0,164

Es tritt also im Blattsaft gewöhnlich ein sehr erhebliches Plus des Malats bei den kalkgedüngten Exemplaren hervor; ich bemerkte dagegen bei einigen Bestimmungen der freien Säure ein durchschlagendes gleichsinniges Resultat nicht.

Tabelle XI.

Künstlich erhöhte Temperatur bei Nacht.

1. Von den folgenden 5 *Sempervivum*-Arten sind am Abend, 14. Mai, je 2 Exemplare, möglichst gleich gewählt, auf der Wage in's Gleichgewicht gebracht, und dann in Glasschalen mit feuchtem Filtrirpapier das eine im Freien (bei 10 °C Abends 7 Uhr bis 5,5 °C früh 4 Uhr), das andere im Heizapparat bei einer nach dem Thermometrograph zwischen 40,6 bis 43,8 °C schwankenden Temperatur gehalten.

I. Malat.

	avernense	*Mettenianum*	*ruthenicum*	*hirtum*	*soboliferum*
Kalt	0,144	0,409	0,135	0,289	0,111
Warm	0,1585	0,4335	0,141	0,297	0,1345

II. Freie Säure. Von 80 cc Gesammtlösung 2 cc zur Acididätsbestimmung.

	avernense	*Mettenianum*	*ruthenicum*	*hirtum*	*soboliferum*
Kalt	0,7	2,6	0,5	1,0	0,4
Warm	0,5	0,8	0,3	0,4	0,25
III. Zucker.					
Kalt	0,0322	0,0126	0,0579	0,0389	0,035
Warm	0,0276	0,0172	0,0389	0,0290	0,037
IV. Stärke.					
Kalt	0,0306	0,1332	0,0201	0,0450	0,0378
Warm	0,0106	0,1650	0,0238	0,0636	0,038

Diese Versuche zeigen, dass die in erhöhter Temperatur befindlichen Nachtpflanzen den normalen gegenüber

1. an freier Säure stets ab-, 2. an Malat stets zugenommen haben,
3. an Zucker sich schwankend verhalten, an Stärke dagegen meist reicher sind.

2. *Sempervivum sp.* 3 völlig gleich entwickelte, sehr schöne Rosetten (nach sonnigem Tag), auf der Wage gleichwiegend hergestellt (8,842 gr), wurden Abends 5 Uhr (20. Februar), die eine sofort bei 100° getrocknet (Controlle), von den 2 andern die eine in geräumiger feuchtgehaltener Glasschale bei Zimmertemperatur (18—20 °C) (kalt), die andere im Heizapparat bei 46—48,7 °C (warm) die Nacht über gehalten. Beide waren am andern Morgen völlig frisch.

Analyse:

	Trockeng.	Malat	freie Säure	Acididät	Zucker	Stärke
Controlle	0,87	0,225 (25,9)	0,0233 (2,7)	0,4	0,0562	0,068
Nachtpfl. kalt.	0,856	0,2195 (25,9)	.	0,5	0,067	0,060
Nachtpfl. warm	0,759	0,288 (37,9)	0,004 (0,5)	0,2	0,006	0,054

Resultat: 1. Gegen die Tagpflanze hat sich die Trockensubstanz verringert, und zwar mehr in der Wärme, als in der Kälte, 2. die freie Säure in der Nacht und Wärme sehr stark ab-, das Malat dagegen zugenommen, 3. die Kohlehydrate im Allgemeinen Nachts abgenommen.

3. *Sempervivum.* Versuch dem vorigen gleich. — Controllpflanze, Nachtflanzen a) bei niederer Zimmertemperatur 10—11 °C und b) bei erhöhter Temperatur im Heizkasten (29—31,2 °C).

	Trockengew.	Malat	freie Säure
Controlle	1,495	0,4045 (27,1)	0,079
Nachtpfl. kalt	1,527	0,4386 (28,9)	0,097
Nachtpfl. warm	1,50	0,4755 (31,7)	0,060

Resultat: Freie Säure nimmt Nachts in der Kälte zu, in der Wärme ab; das Malat beidemale, besonders aber in der Wärme zu.

4. In den 3 folgenden Versuchen (Mai) waren nach sonnigem Tage Abends 6 Uhr Controllrosetten genommen und dann die ganz gleichen a) im Freien, bei 9 °C mittlerer Nachttemperatur, b) im Wärmekasten, bei 44,4—45,6 °C gehalten. — Rosetten in grossen Glasdosen auf feuchtem Filtrirpapier.

Echeveria secunda.

	Frischgew.	Trockengew.	Malat	Acidität 5 cc von 150 cc Lösung	Stärke
Controlle	9,05	0,456	0,14	.	0,0336 (7,3)
Nachtpfl. kalt		0,4285	0,147	0,8	0,0238 (5,7)
Nachtpfl. warm		0,4305	0,133	0,6	0,0465 (10,9)

Resultat: Hier tritt in der Wärme keine Malat- sondern eine Stärkezunahme auf.

Sempervivum avernense.

	Frischgew.	Trockengew.	Malat	Acidität	Stärke
Controlle	11,84	0,618	0,345 (55,8)	.	0,0465
Nachtpfl. kalt		0,736	0,3715 (50,5)	1,35	0,0416
Nachtpfl. warm		0,876	0,449 (51,4)	1,0	0,0477

Resultat: Sehr bedeutende Malatzunahme.

Sempervivum acuminatum.

	Frischgew.	Trockengew.	Malat	Acidität	Stärke
Controlle	11,90	0,6595	0,2225 (33,7)	.	0,0378
Nachtpfl. kalt		0,6685	0,2865 (42,9)	1,5	0,0324
Nachtpfl. warm		0,6105	0,2015 (33,0)	0,95	0,0495

Resultat wie im vorletzten Versuch.

5. Versuche mit Rosetten von *Sempervivum Pittoni, blandum* und *Requieni.* 17.—18. Mai. In natürlicher Nachttemperatur (Abends 7 Uhr 11°, früh 4 Uhr 5,5 °C) und im Wärmekasten, zwischen 41,2 und 44,5° gehalten.

Gleiche Frischgewichte der Rosetten der einzelnen Arten. Nach dem Versuch zerrieben, warm extrahirt. Auf 50 cc Extract.

1) Acidität von 2 cc Extract (in der Wärme geringer):

	S. Pittoni	*blandum*	*Requieni*
Warm	0,4	0,6	1,4
Kalt	1,2	1,0	2,2

2) Gesammtmalat der Rosette (in der Wärme höher):

Warm	0,391	0,3725	0,6995
Kalt	0,409	0,342	0,560

3) Stärkebestimmung. Aus 1/3 des verzuckerten Rückstandes, das mit Fehling erhaltene CuO (in der Wärme niedriger).

Warm	0,059	0,069	0,1065
Kalt	0,0605	0,075	0,109

6. Versuche mit Rosetten von *Sempervivum Camollei* und *Echeveria secunda,* isolirten Blättern von *Ech. Scheideckeri* und halbirten Blättern *Echeveria Leopoldi.* Nach trübem Tage Abends 1/2 5 Uhr Controllen genommen, die zugehörigen gleichen Exemplare in natürlicher Nachttemperatur (9°C Abends, 8°C Morgens 7 Uhr 7./8. October) und im Wärmekasten 36—38°C. Saftbestimmungen. Acididät von 1 cc, Malat und Glycose (als CuO angegeben) von 10 oder 20 cc.

a) *Echeveria secunda.*

	Acididät	Malat (10 cc)	Zucker
Tagescontrolle	2,7	0,142	0,385
Nacht kalt	3,5	0,152	0,138
Nacht warm	2,3	0,1635	0,145

b) *Sempervivum Camollei.*

		(20 cc)	
Tagescontrolle	4,0	0,506	0,221
Nacht kalt	4,6	0,506	0,149
Nacht warm	3,0	0,525	0,1525

c) *Ech. Scheideckeri.*

Controlle	1,8	0,212	0,182
Kalt	1,8	0,214	0,87
Warm	1,3	0,218	0,091

d) *Ech. Leopoldi.*

Kalt	2,6	0,33	0,249
Warm	1,8	0,347	0,26

7. Gleiche Versuche mit Rosetten von *Echeveria secunda, Sempervivum Funkii* und gleichen Blattpaaren von *Bryophyllum.* 8./9. October. Nach sonnigem Tage, Nachtaufenthalt im Freien bei 12,5—11,5°C und im Wärmekasten bei 37—39°. — Saft. — Acididät von 1 cc. Malat und Zucker (CuO) aus 10 cc.

a) *Echeveria.*

	Acididät	Malat	Zucker
Controlle	0,85	0,121	0,019
Kalt	2,2	0,127	0,011
Warm	0,7	0,1295	0,0185

b) *Sempervivum.*

Controlle	2,7	0,271	0,083
Kalt	3,7	0,280	0,021
Warm	1,7	0,283	0,023

c) *Bryophyllum.*

Controlle	0,7	0,159	0,1135
Kalt	1,6	0,1745	0,090
Warm	0,7	0,185	0,096

8. Versuche dem vorigen gleich, mit *Echeveria secunda* (Rosetten) und *Bryophyllum* (Blattpaaren). 9./10. October.

	Acidität	Malat	Zucker
Bryopyyllum.			
Tagscontrolle	0,6	0,1525 (10 cc)	0,1245
Nacht warm	1,0	0,1575	0,127
Echeveria.			
Controlle	2,7	0,296 (20 cc)	0,293
Warm	1,0	0,30	0,289

Tabelle XII.

Die freie Säure wird am Tage umgebildet.

1. Von 8 Rosetten von *Sempervivum albidum* (Topfpfl.), 24. Juni, früh 8 Uhr die eine Hälfte, die andere nach halb trübem Tage Nachmittags 4 Uhr. Saft 50 cc.

	Bleiniederschlag
Morgens	0,896
am folgenden Tag	0,266
Differenz am Tage	—0,430 = 0,169 Aepfelsäure.

2. 10 gleiche *Echeveria*-Rosetten in Töpfen, früh 7 Uhr und nach einem trüben Regentage (26. Juni) Abends $5^1/_2$ Uhr. Saft.

	Spec. Gew.	Malat (40 cc)	Bleiniederschlag	= Aepfelsäure	Zucker (CuO) 40 cc
Morgens	0,0163	0,534	0,440	0,1738	0,144
am Nachmittag	0,0143	0,533	0,100	0,0395	0,173
				Tags —0,1343	Tags + 0,029
					= 0,013 Zucker.

Also p. cc Säureverlust 3,3 Milligramm.

3. *Bryophyllum.* Gleiche Topfexemplare. Blattsaft. Morgens 8 Uhr und Abends 5 Uhr (19. Februar). Insolation. — 15 cc.

	Bleiniederschlag
Morgens	0,047
Abends	0,026
Tags	—0,021 = 0,0082 Aepfelsäure oder per cc 0,55 Milligramm.

4. Ein gleicher Versuch. Tags nur diffuses Licht. 15 cc.

	Bleiniederschlag
Nachts	0,07
Tags	0,0535
Tags	—0,0165 = 0,0065 Aepfelsäure oder p. cc = 0,43 Milligramm Abnahme.

5. *Echeveria.* 29. Juli. Heisser Tag, Insolation. Saft aus je 2 gleichen Rosetten früh 8 Uhr und Abends 6 Uhr. 10 cc.

	Bleiniederschlag	= Aepfelsäure
Nachtpfl.	0,079	0,0312
Tagpfl.	0,0225	0,0088

Tags —0,0224 oder p. cc 2,2 Milligramm.

6. Sehr schöne, grosse aber einfache *Bryophyllum*-Blätter stehen mehrere Tage isolirt, mit den Stielen in flachen Wasserschalen, im Dunkel. Darauf werden die eine Hälfte der Paare früh Morgens analysirt, die andere Hälfte den ganzen Tag besonnt.

20 cc Saft enthielten freie Aepfelsäure früh Morgens	0,0468
Nachmittags	0,0240
demnach hat die freie Aepfelsäure abgenommen um	0,0228

Dies Beispiel zeigt unter Anderm klar, dass die verschwindende Säure unmöglich weggeleitet sein kann.

Tabelle XIII.

Die tägliche Entsäurung ist keine Neutralisation.

1. *Sempervivum dolomiticum,* entwicklungs- und frischgewichtsgleiche Rosetten, wurzellos auf feuchtem Filtrirpapier in Glasschalen cultivirt.

	Beleuchtung	Acidität 2 cc (von 50 cc)	Malat
9./10. Juli Nacht	—	0,4	0.1035
10. Juli Tag	besonnt	0.3	0,104
10./11. Juli Nacht	—	0.45	0,108
11. Juli Tag	besonnt	0,3	0,099
11./12. Juli Nacht	—	0,45	0.095
12. Juli Tag	besonnt	0,3	0.091

2. *Sempervivum Camollei.* Rosetten wie oben. Frischgewicht gleich.

	Trockengew.	fr. Aepfelsäure	Malat
15. Juni sonniger Tag	0,97	0,088	0,328
15./16. Juni Nacht	0,99	0,204	0,392
16. Juni Tag	1,00	0,064	0,381

3. *Sempervivum avernense.* Wie oben. Dieselben Tage und Beleuchtungsverhältnisse.

	Malat	freie Säure
Nacht	0,33	0,054
Tag	0,337	0.020
Nacht	0.370	0,0472

Tabelle XIV.

Am Tage bildet sich Zucker.

1. Am 3. Juni (1882) werden Morgens 6 Uhr von ganz gleichen Topfexemplaren von *Echeveria secunda* eine Anzahl sofort auf Saft verarbeitet, die andere Hälfte bleibt im Zimmer steter Sonne exponirt bis Nachmittags 2 Uhr, um dann aufgenommen zu werden.

Acidität von 1 cc Saft Nachts 0,7
besonnt 0,3
25 cc Saft enthalten (aus Fehling) CuO Nachts 0,0352 demnach Zucker 0,0159
besonnt 0,067 0,0303

2. Am 25. Juni werden Morgens 5 Uhr von 26 Topf-*Echeverien* 13 Stück sofort genau auf Saft verarbeitet; sie liefern 175 cc. — Die 13 andern Exemplare werden von den Wurzeln befreit, auf feuchtem Fliesspapier unter Glasglocken liegend stetiger Sonne bis Nachmittag 2 Uhr ausgesetzt. Durch Sprengen werden dieselben sehr frisch erhalten. Sie ergaben 160 cc Saft.

In je 20 cc Saft erhalte ich mit Fehling Nachts 0,0905 CuO
Tags 0,1420 „
Auf die Gesammtsaftmenge berechnet enthielten demnach die Nachtpflanzen 0,3556
die Tagpflanzen 0,5144
Zucker d. h. 13 Rosetten haben innerhalb 9 Stunden 0,1588 Zucker gebildet.

3. In einem Versuch vom sonnigen 1. Juli, gleichfalls mit *Echeverien* und in analoger Weise angestellt, erhielt ich aus den Saftmengen von je 10 gleichen Exemplaren:

Nachts 0,1401
Tags 0,1931 Zucker d. h. also eine Zuckerzunahme in der Sonne um 53 Milligramm.

4. Am 26. Juni ergaben je 11 Rosetten von *Sempervivum latifolium* im Gewicht von 270 gr Morgens 8 Uhr und wurzellos (wie vorher) der Sonne bis Nachmittags 3 Uhr exponirt an Zucker:

Nachts 1,339
Tags 1,689
d. h. also eine Zunahme von 0,39 gr.

5. Am 12. Juni wurden 8 *Bryophyllum*-Blätter der Mittelrippe entlang halbirt — Gewicht jeder Hälfte 16,5 gr —. Die eine Hälfte sofort kochend erschöpft, die andere bis Nachmittag 4 Uhr, in Wasser stehend, dem bedeckten Tageshimmel ausgesetzt und dann in gleicher Weise extrahirt.

In 100 cc der auf 200 cc gebrachten Extracte fand ich CuO:

Nachts 0,069
Tags 0,1315
daraus ergibt sich Gesammtzucker bei Nacht 0,0625
bei Tag 0,119
d. h. die Zuckermenge ist in der Tagblatthälfte verdoppelt.

6. 2 gleiche Rosetten von *Echeveria secunda* je 13,25 gr wiegend, die eine Morgens 1/2 6 Uhr, die andere (21. Juni) bis Nachmittag 2 1/2 Uhr dem meist verschleierten Himmel exponirt. 150 cc Lösung.

20 cc davon enthalten aus Fehling Nachts 0,013
Tags 0,023 CuO.
Es hat sich also der Zucker nahezu verdoppelt.

Tabelle XV.

Der Zucker bildet sich bei Tag auch in CO_2-freier Atmosphäre.

1. Am 31. Juli wurden Rosetten von *Sempervivum Verlotti* halbirt. — Gewicht jeder Hälfte 13 gr. — Die eine Hälfte sofort kochend erschöpft, die andere auf feuchter Unterlage unter einer tubulirten auf matter Glasplatte aufgedichteten Glocke in einem CO_2-freien langsamen Luftstrom 6 Stunden dem meist sonnigen Tageslicht ausgesetzt. Ein Waschgefäss mit Kalkwasser gab an, dass die eintretende Luft wirklich CO_2-frei war.

Die Acidität verhielt sich Nachts und Tags wie 6 : 5. 5 cc Extract (von 250) gebrauchten

	Nachts	0,30
	Tags	0,25 Lauge.
In 100 cc Lösung erhielt ich	Nachts	0,152
	Tags	0,142 CuO.
Demnach war Zucker vorhanden	Nachts	0,161
	Tags	0,172

d. h. es wurden 11 Milligramm Glycose gebildet.

2. 3 Rosetten von *Echeveria secunda* werden halbirt, die eine Hälfte sofort mit Wasser extrahirt, die andere unter einer Glocke mit viel und frischem Natriumhydrat bei meist trübem Himmel bis Nachmittags 3 Uhr exponirt (1. August). — 150 cc Lösung.

Acidität: 2 cc Lösung gebrauchten Nachts 10
Tags 5 Tropfen Lauge.
Zucker. In 100 cc Lösung findet sich mit Fehling Morgens 0,268
Nachmittags 3 Uhr 0,308 CuO.
Es würden demnach die 3 Rosetten bei Tag eine Zunahme um 54 Milligramm Zucker zeigen.

3. Am 2. August (meist trüb) werden 6 Rosetten von *Sempervivum Schotti* halbirt (Gewicht der Hälfte 14,73 gr) und die eine Hälfte bis 2½ Uhr unter Kaliglocke exponirt. Lösung 140 cc.

Acididät: Nacht zu Tag wie 4 : 3.
In 100 cc Lösung finde ich Nachts (früh 7 Uhr) mit Fehling 0,116
nach der Exposition 0,162 CuO.
Demnach im Ganzen Nachts 0,0728
Tags 0,1032 d. h. 30 Milligramm Zucker gebildet.

4. Von 4 gleichen Rosetten von *Echeveria secunda* werden (am 4. August) 2 als Controlle sofort verarbeitet, 2 in wohlschliessenden Glascylindern neben Natrongefässen bis Nachmittags halb drei Uhr der directen Sonne exponirt. 160 cc Lösung.

Acididät wie 2 : 5. 2 cc Lösung brauchen Nachts 20, Tags 8 Tropfen Lauge zur Neutralisation.
Zucker. In 100 cc Lösung erhalte ich mit Fehling Nachts 0,210
Tags 0,252 CuO.
Es sind demnach in 2 Rosetten in der Sonne 30 Milligramm Zucker gebildet.

5. Ein gleicher Versuch vom 3. August mit je 2 Rosetten (Gewicht 28,65 gr). Lösung 160 cc. Exposition von 5½ früh bis 12½ Uhr Mittags.

Acididät: Nacht zu Tag 3 : 2.
CuO in 100 cc Lösung Nacht 0,220
Tag 0,292

6. Am 5. August wurden Morgens 6 Uhr 2 Rosetten zur Controlle, 2 gleiche bis 3 Uhr Nachmittags in gedämpftem Sonnenlicht in Glascylindern mit Natronschalen wie oben exponirt. 140 cc Lösung vom Rosettengewicht 37,70 gr.

Acididät: Nacht zu Tag wie 12 : 7.
Zucker: In 100 cc Lösung sind Nachts 0,378
Tags 0,528 CuO.
Es ist demnach über Tag 95 Milligramm Zucker aus ca. 38 gr Frischgewicht gebildet.

7.—10. Die folgenden Versuche sind alle mit *Echeveria secunda* und in ganz gleicher Weise wie die vorigen angestellt. Es genügt, die nöthigen Daten tabellarisch vorzuführen.

	Versuchszeit		Rosettengew.	Säureverhältniss Nacht : Tag	Gesammtzucker Nacht	Gesammtzucker Tag	demn. am Tag gebildet
7.	6./8.	6—1½ Uhr	37,3	8 : 5	0,238	0,267	29 Milligr.
8.	6./8.	„	31,50	7 : 4	0,277	0,279	2 Milligr.
9.	7./8.	8—2 Uhr	34,55	13 : 8	0,1952	0,2124	17 Milligr.
10.	7./8.	„	.	2 : 1	.	.	16 Milligr.

11.—12. Versuche mit *Echeveria pumila*, je 1 sehr kräftige Rosette, im Gewicht von 50,67 gr (Versuch 11) und 37,65 (Versuch 12). Exposition 9. August 8—3 Uhr. Mittlere Sonne.

	Säureverh.		Gesammtzucker		Gebildeter Zucker
	Nacht	Tag	Nacht	Tag	
11. Versuch	16	11	0,2337	0,2994	0,0657 gr
12. Versuch	15	9	0,311	0,421	0,111 gr

13. Je eine *Echeveria secunda*, 8,60 gr wiegend, Morgens ½6 Uhr und Nachmittag 2½ Uhr nach 9stündiger Beleuchtung, extrahirt. Auf 150 cc.

In 30 cc sind Nachts 0,0255
Tags 0,0325 CuO gefunden.

14.—16. Versuche mit *Echeverien*, in kalihaltenden Glascylindern, Exposition von früh 8 bis Nachmittags 3 Uhr (5. Juli). 10 cc Saft ergeben:

Versuch 14	Nachts 0,0365	Tags 0,0595 CuO.
Versuch 15	0,0455	0,0560
Versuch 16	0,040	0,047

17. Von schön entwickelten *Bryophyllen* werden, von 31 Blattpaaren, die je einander gegenüberstehenden zum Versuche genommen. 31 Blätter am Morgen 8 Uhr, die andern insolirt (an der Pflanze) bis Nachmittag 3 Uhr. — Aus den Dunkelblättern erhielt ich 86 cc, aus den insolirten 80 cc Saft.

Die Acididät verhält sich Nachts und Tags wie 5 : 1.
Aus 10 cc Saft erhalte ich mit Fehling Nachts 0,1023 d. i. Zucker: 0,0463
Tags 0,1175 CuO 0,0532

Im Ganzen würden demnach 31 Blätter bei Nacht 0,3980
die zugehörigen nach der Insolation dagegen 0,4256 Zucker enthalten,
d. h. also 27,6 Milligramm gebildet haben.

18.—20. Von 3 verschiedenen *Sempervivum*-Arten werden am 27. Juli Rosetten aus dem Freien genommen theils zur Controlle sofort analysirt, theils Tags über in CO_2-freier Glocke auf feuchtem Papier, abgeschnitten, liegend insolirt (directe Sonne, nur über Mittag verschleiert).

18. Je 1 grosse Rosette von *S. consolis*. 20 cc. Saft.

	CuO =	Zucker
Controlle	0.1305	0,0591
Insolirte Rosette	0,152	0,0688
		+ 0,0097

19. 4 Rosetten von *S. albidum*. 20 cc Saft.

Controlle	0,1325	0,0600
Insolirte Rosetten	0,149	0,0674
		+ 0,0074

20. *S. Funkii.* 2 Rosetten. 15 cc.

Controlle	0,047
Insolirte Rosette	0,051
	+ 0,004 CuO.

21. Abgeschnittene *Bryophyllum*-Blattpaare, in Wasser stehend, Tags über in CO_2-freiem Raum und freistehend insolirt. Die gegenständigen Blätter wiegen fast genau trocken = 0,813.

Gefundenes CuO in den frei exponirten	0,0185
in den CO_2-frei iosolirten	0,023

22. Ein gleicher Versuch. (29. Juli.) 15 cc Saft. CuO.

Frei insolirt	0,0465
CO_2-frei exponirt	0,0515

23. Desgl. 26. Juli. 10 cc Saft.

CO_2-frei	0,035
atmosph. Luft	0,029 CuO.

24. *Bryophyllum*-Blattpaare, wie vorher. Aber die einen früh 8 Uhr als Controlle. 20 cc Saft.

Controlle	0,072 CuO.
Tags in CO_2-freie Glocke	0,085

25. Je 5 mittelgrosse Rosetten von *Sempervivum Verlotti* 23. Juli früh 9 Uhr zur Controlle, und auf feuchtem Fliesspapier in CO_2-freier Glocke bis Abends 6 Uhr insolirt. 20 cc Saft.

Früh-Controlle	0,133
CO_2-freie exponirt	0,1625
	+ 0,0295 d. h. 0,0133 Zucker gebildet.

26. Je 4 kleine gleiche Rosetten und gleichen Frischgewichts von *Sempervivum modestum* a) zur Controlle am Morgen, b) in gewöhnlicher, c) in CO_2-freier Luft exponirt. 8½ Uhr früh bis 6 Uhr Abend, Insolation. — Extract.

	Trockengewicht	CuO (gesammt)
Controlle	0,929	0,044
CO_2-freie Luft	0,875	0,058
atmosphärische Luft	0,934	0,081

Tabelle XVI.

In CO_2-freier Atmosphäre vermehrt sich neben Zucker auch die Stärke.

Versuche mit isolirten Rosetten von *Sempervivum soboliferum, avernense* und *Funkii* vom 22.—25. Juni, bei directer Besonnung, in CO_2-freiem Raum, auf feuchtem Filtrirpapier.

	soboliferum		*avernense*		*Funkii*	
	Zucker	Stärke	Zucker	Stärke	Zucker	Stärke
22./23. Juni Nacht	0,018	sehr gering	0,008	0,0256	.	0,0612
23. Juni Tag	0,017	0,0420	0,0190	0,0416	.	0,0742
23./24. Juni Nacht	0,0144	sehr gering	0,0104	0,036	.	0,0688
24. Juni Tag	0,0234	0,0272	0,0344	0,064	.	0,076
24./25. Juni Nacht	0,014	0,0362	0,0208	0,0378		
25. Juni Tag	0,0154	0,0256	0,0226	0,055		
25./26. Juni Nacht	.	.	0,0174	0,044		

Es ist von Interesse, neben diesen Beispielen von Crassulaceen das Verhalten gewöhnlicher Pflanzen unter gleichen Verhältnissen zu constatiren.

Blätter von *Coleus*, die eine Hälfte der Paare früh als Controlle genommen, die andere isolirt, in Wasser stehend, Tags über in Sonne und in CO_2-freier Glocke befindlich, ergaben von je 0,424 Trockensubstanz (das CuO angegeben):

	Zucker	Stärke
Controlle am Morgen	0,0385	0,445
Nach CO_2-freier Besonnung Abends	0,0175	0,060

Derselbe Versuch. 5. August.

Controlle am Morgen	0,0225	0,1315
Nach CO_2-freier Besonnung Abends	0,024	0,083

Dagegen analoge Versuche in normaler Atmosphäre.

a) Blätter von *Leycesteria formosa,* Trockengewicht 0,545. Gesammt-Zucker und -Stärke als CuO angegeben.

	Stärke	Zucker
Morgencontrolle	0,0225	0,12
Abends nach normaler Besonnug	0,027	0,201

b) *Coleus*-Blätter, im Trockengewicht von 1,266, sonst wie bei a).

Morgencontrolle	0,0565	0,112
Nach täglicher Besonnung	0,092	0,138

Tabelle XVII.

Wirkung ungleicher Lichtstärke und Lichtfarbe auf die Entsäuerung.

Die folgenden Versuche sind so angestellt, dass völlig gleiche Pflanzen — meist eingetopfte *Bryophyllen* — am Morgen bis späten Nachmittag in einem Zimmer bei diffusem Tageslicht in ungleicher Entfernung vom Fenster aufgestellt und am Schlusse des Versuchs sofort auf Acidität des Gesammtsaftes geprüft wurden. Die vorderste Pflanze stand unmittelbar am Fenster, die folgenden in variirten, jedesmal namhaft gemachten Abständen hintereinander gegen die Rückwand des Zimmers zu.

1. *Bryophyllum.* 15. November. Acidität 1 cc Saft.

Am Fenster	3.0
Zimmermitte (3 m Abstand)	4.0
Hinterwand (6 m Abstand)	5.0

2. Ein gleicher Versuch mit *Echeveria.*

Am Fenster	2.3
Zimmermitte	2.5

3. Versuch mit *Bryophyllum* und *Echeveria.*

	vorn	mitten	hinten
Bryophyllum	2,0	3,6	3,5
Echeveria	2,0	2,2	2.1

4. *Bryophyllen.* Unter Entnahme einer Anfangscontrolle.

Controlle	2.6	Gleicher Versuch	4,0
Am Fenster	0.7		0.8
1,5 m Abstand	1.6		2,3
3 m Abstand	2,1		2,5
5 m Abstand	2,2		3.6

Lichtfarben.

Versuche mit Kaliumbichromat und Kupferoxydammoniak in doppelwandigen Glocken.

1. *Bryophyllum.* 28. April, 18—20° R Wärme. Directe Sonne. — Isolirte Blätter, in feuchtem Kies stehend. 8 Uhr früh bis 5 Uhr Abends.

Ein Controllversuch im natürlichen Licht, 4 Versuche im gelben und blauen Licht u. s. w. — Acidität von 1 cc Saft.

Controlle 8 Uhr früh	8,0
5 Uhr Nachm.	1,2

I. gelb	1,0	II. gelb	0,7	III. blau	2,3	IV. gelb	0,75
blau	2,9	blau	3,2	farblos	0,7	farblos	0.6

2. *Sempervivum sp.* und *Echeveria.* Isolirte Rosetten auf feuchter Unterlage. Von Morgens bis Abends der Sonne exponirt. Resultat am Abend (1 cc Saft).

Semp.	farblos 1,4	*Ech.*	1,0
	gelb 1,5		1,4
	blau 3,0		2,3

3. 2 Triebe von *Crassula portulacoides.* Blattpaare genommen, in Gelb und Blau.

gelb	2,8
blau	4,7

Tabelle XVIII.

Die Entsäuerung und die Temperatur.

Die Versuche sind bei diffusem Tageslicht, an Fenstern gleicher Orientirung (West) und in Zimmern ungleicher, aber soweit hier nöthig, constanter Temperatur unter möglichst gleicher Aufstellung der Pflanzen angestellt.

1. *Bryophyllum.* Abgeschnittene, in Wasser stehende Blätter. Früh 8 Uhr Controlle, Versuch bis ½4 Uhr Nachmittags. Acididät, 1 cc Saft.

Tagestemperatur	4—8° C	10,5—14°	20—23°
Früh	2,0	2,1	2,0
Nachmittags	1,8	1,7	1,6

2. Analoger Versuch.

	4—5°	10—11°	18°
Früh	1,4	1,3	1,7
Nachmittags	1,3	1,0	0,9

3. Desgl.

Früh	1,7	2,0	1,8
Nachmittags	1,6	1,7	0,9

4. Gleichzeitige Versuche mit *Sempervivum Funkii* und *Echeveria secunda.* Acididät, 1 cc Saft.

Tagestemperatur	2—5°		17°—18°	
	Semp.	*Ech.*	*Semp.*	*Ech.*
Acididät Früh	3,7	2,5	3,7	2,5
Nachmittags	3,3	2,2	3,0	2,0

5. *Bryophyllum*-Blätter (mit Stielen). Früh 8 Uhr Controllen genommen; die zugehörigen Paare, isolirt, in Wasser stehend, diffusem Licht exponirt, a) bei 2—6° b) bei 17—18°C bis Nachmittag ½4 Uhr. — Trockensubstanz 0,886. Darin Säure Zucker und Stärke bestimmt.

1) Acididät. Extract nach Entfernung des Kalkes auf 40 cc gebracht.

	a) In der Kälte — 1 cc	b) In der Wärme
Controlle am Morgen	0,85	0,9
Belichtet am Nachm.	0.75	0,7

2) Gesammt CuO aus Fehling.

	a) In der Kälte	b) In der Wärme
Controlle	0.0915	0,138
Belichtet	0,117	0,171

3) 1/3 des verzuckerten Rückstandes. CuO aus Fehling.

	a) In der Kälte	b) In der Wärme
Controlle	0,2155	0,215
Belichtet	0,1815	0,208

6. Analoger Versuch. Bei 3—8° und 18—21°. Mit 1,153 Trockensubstanz.

	In Kälte		In Wärme	
	Controlle	Nachm.	Controlle	Nachm.
Acididät	0,8	0,75	1,1	0,9
Zucker (1/2 CuO)	0,079	0,101	0,078	0,123
Stärke (1/4 CuO)	0,182	0,165	0,184	0,171

7. Gleicher Versuch. 2,656 Trockensubstanz.

	In der Kälte	In der Wärme
Zucker (1/2 CuO)	0,252	0,268
Stärke (1/20 CuO)	0,092	0,091

Halle, Druck von Ehrhardt Karras.

Inhalt.

Halle Druck von Ehrhardt Karras.


022291